

DOI: 10.32347/2786-7269.2023.6.120-138

УДК 72.01

доктор архітектури, професор **Фоменко О.О.**,
oksana.fomenko@kname.edu.ua, ORCID:0000-0003-0588-4186,
доктор архітектури, професор **Чечельницький С.Г.**,
Serhii.Chechelnytskyi@kname.edu.ua, ORCID: 0009-0002-0247-9054,
Харківський Національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова

ПРОБЛЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЕКОПОЗИТИВНИХ ЗМІН В ПРОЦЕСАХ ФОРМУВАННЯ SMART CITY

Архітекторами науковцями Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова ведуться дослідження, орієнтовані на написання технічного завдання для «Програмного комплексу моделювання міста як динамічної системи». Ця розробка присвячена проблемі удосконалення SMART-орієнтованого програмно-аналітичного інструментарію, що базується на роботі з великими масивами даних (BIG DATA) в архітектурному та містобудівному управлінні. Мета даного інструментарію – прогностика та моніторинг архітектурної складової міста як динамічної системи. Актуальність його реалізації полягає в оптимізації принципів функціонування архітектурної складової міста з розрахунком її впливу на процеси функціонування інших міських підсистем.

У якості розвитку та удосконалення даного напрямку запропоновано метод визначення оптимальних швидкості та прискорення позитивних трансформацій архітектурної складової міст, заснований на індикаторі «Екологічний слід архітектури», що розробляється в даний час. Він є методом розробки покрокових стратегій розвитку архітектурної складової міст. Основною проблемою є визначення оптимальних темпів соціальних, екологічних та економічних змін у процесах досягнення містом сталого стану. Занадто швидкі зміни неминуче призведуть до загострення соціально-економічної кризи. Повільні зміни негативно позначаються на стійкості та екології регіону. З цієї причини в цій статті авторами розроблено концепцію формування індикатора, що визначає вектор, швидкість та прискорення модернізації архітектурної складової міста. Як фактор, що обмежує швидкість змін до соціально прийняттого рівня, обрано індикатор «Стійкої доступності життєвих благ для населення».

Ключові слова: програмний комплекс; архітектура; SMART CITY; агенти змін; моделювання; індикатори стійкості

Постановка проблеми.

Дана стаття є розвитком науково-практичного напрямку «Програмний комплекс моделювання міста як динамічної системи». Програмний комплекс належить до інструментів SMART CITY в контексті управління BIG DATA про місто, і орієнтований на інформаційну підтримку процесів оптимізації принципів функціонування архітектурної складової міст. Наразі автори статті працюють над складанням технічного завдання на програмний комплекс [1].

Бурхливий розвиток концепцій та інструментарію SMART CITY, який на сьогодні можна спостерігати практично по всьому світу, спровоковано декількома значущими факторами, серед них: глобалізація; технологічна та інформаційна революції; гострий дефіцит ресурсів, екологічна та демографічна кризи. В результаті взаємного накладання наслідків перерахованих факторів, сучасні мегаполіси перестали відповідати форматам нових викликів, які перед нами постають. Кризи, які у минулому переживали великі міста, вирішувалися за рахунок посилення експлуатації природних, соціальних та техногенних ресурсів. Сьогодні стає очевидним, що природні ресурси вже не можуть бути об'єктом посиленої експлуатації. Як концепція «SMART CITY» є спробою знайти відповідь: яким чином місто може виживати та розвиватися в умовах необхідності стрибкоподібної зміни принципів функціонування майже всіх його підсистем.

Події останніх років, пов'язані з агресією Російської Федерації проти України, спонукали авторів дослідження внести деякі доповнення до структури програмного комплексу. У результаті аналізу післявоєнних проблем відновлення та модернізації архітектурно-будівельної галузі країни ми дійшли висновку, що в структурі комплексу відсутній модуль, який дозволяє прогнозувати реакцію міської системи на швидкість та прискорення змін принципів функціонування архітектурної складової міст. Мотивацією для дослідження, описаного в цій статті, стали численні публікації програм післявоєнної відбудови України.

У червні 2023 року Німецький фонд Маршалла США (GMF) опублікував концепцію «Toward a Marshall Plan for Ukraine» [2]. Тези, представлені експертами Фонду, є частиною міжурядової дискусії щодо бачення стратегії післявоєнної відбудови України.

Узагальнюючи наявний континуум публікацій, присвячених проблемам реорганізації будівельної галузі в Україні в післявоєнний період, можна виділити такі ключові моменти:

- Очікуються значні інвестиції у важке машинобудування, зокрема виробництво будівельної техніки та інноваційних будівельних матеріалів. На

думку Коваль В. стимулювання цього напрямку стане найважливішим чинником розвитку сталості міст країни [3].

- Імплементация європейських стандартів в українське законодавство. Наталія Пархоменко [4] розглядає проблеми гармонізації національного та європейського законодавства як обов'язкову вимогу переходу країни від пострадянського до загальноєвропейського типу управління та правового регулювання.

- екологічне відновлення територій. За словами Ірини Алексеєнко, цілі сталого розвитку є ефективними векторами покращення стану довкілля в період повоєнної відбудови. Світова практика реалізації таких заходів свідчить, що цей процес потребуватиме консолідації всієї громади країни. При цьому особливу роль у процесах відновлення екологічно депресивних районів міст відіграє архітектурно-будівельна галузь [5];

- Децентралізація місцевого самоврядування [6]. У цьому аспекті проблеми варто відзначити кілька факторів, які формують майбутній профіль архітектурної складової українських міст: А) зміщення акцентів будівельної галузі на використання регіональних ресурсів. У цьому аспекті розгляду проблеми особливий інтерес представляє для нас думка Василевської-Смаглюк О.О. [7] яка розглядає проблеми сталого розвитку регіонів через фактори споживання місцевих ресурсів, економіки територіальних громад та контролю за розподілом місцевих бюджетів; Б) активізація соціально-економічного потенціалу територіальних громад як чинника еколого-економічного розвитку територій, на що вказує Серохін В. у своїх працях. [8].

У статті визначено значну системну загрозу сталому функціонуванню міст України. Агресія Росії проти нашої держави відклала на невизначене майбутнє реалізацію Закону України «Про комплексну реконструкцію кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду», який ще чверть століття тому потребував невідкладних дій.

За словами Амірбекової А., дві третини житла в пострадянських країнах потребують ремонту та реконструкції. Будинки першого індустріального ряду будівництва складають від 30 до 50% існуючого житлового фонду, який морально застарілий і не відповідає містобудівним і санітарно-гігієнічним нормам [9].

Брак коштів та ресурсів для вирішення проблеми модернізації застарілого житла створює карту гострої соціально-економічної кризи, яка загрожує серйозними системними потрясіннями для міст України. Невідкладність та багатогранність заходів, які необхідно вжити для подолання цієї кризи, створюють додаткові загрози. Бідність і низька соціальна активність населення блокують більшість програм, що розробляються. Такий висновок ґрунтується

на численних спробах органів місцевого самоврядування великих міст країни реалізувати пілотні проекти для вирішення проблеми застарілого житла.

На основі наведених даних ми сформуваємо мету статті: розробити методикку регулювання швидкості та прискорення трансформації архітектурної складової міст для досягнення соціально-економічної та екологічної стійкості.

Гіпотеза дослідження: на нашу думку, вектор змін, його швидкість та прискорення може задати «Екологічний слід архітектури» – комплексний показник, що складається із співвідношення багатьох показників, об'єднаних у три основні групи: ресурсоспоживання, забруднення та біоемність прилеглих територій. Таким чином, основним показником позитивних змін є перевищення біоемності регіону над наслідками споживання ресурсів та забруднення від будівництва. Обмеження швидкості та прискорення мають встановлювати показник «Сталий доступ населення до життєвих благ». Цей показник також є комплексним показником, що складається з наявності благ, що задовольняють мінімальний, але достатній континуум фізичних і духовних потреб населення. Дана стаття присвячена обґрунтуванню запропонованої гіпотези.

Аналіз досліджень та публікацій.

Моделювання соціально-економічних процесів міста.

У даному напрямку розробляються інтерактивні моделі міста які аналізують зв'язок економічної моделі з моделлю соціальних процесів міста; створення інструменту розв'язання цільових завдань; створення прогностичних моделей розвитку економіки міста; розробка принципів мультидисциплінарної взаємодії представників різних галузей знання та врахування спеціалізованих даних у створеній моделі. [10].

До особливостей соціально-економічних моделей міста слід віднести відсутність жорстких прив'язок безпосередньо до території міста. Модель гнучка та надмірно «рухлива». Людські та фінансові потоки дають загальну картину динаміки розвитку міста, але часто абстрагуються від його матеріальної складової. Основою створення вказаних моделей служать соціальні та фінансові патерни в динаміці своєї життєдіяльності та взаємовпливу, що дозволяють описати місто як відкриту динамічну систему. [11].

Моделювання екологічних процесів міста.

Кожен елемент міста є частиною його загальної екологічної системи. На основі описів екологічного стану та місця в загальній екосистемі кожного елемента створюється інтерактивна модель міста. З огляду на кількість наукових напрямків в екології, інтерактивна модель екологічного стану міста досить повно відображає процеси його життєдіяльності діяльності. Недоліком

екологічної моделі міста є зайва «вузькість» оцінки процесів, що відбуваються в ньому. [12].

Системно-динамічне імітаційне моделювання міста.

Сьогодні більшість великих архітектурних шкіл світу активно розвивають напрямок оптимізації функціонування міст. До них належить, наприклад, Лозанська Політехніка з дослідницько-практичною програмою IGLUS [13]; також відомі програми: MIT Smart Cities Lab [14]; URENIO [15]; Smart Cities Academic Networ [16]. Ці програми об'єднують практиків і вчених з різних галузей знання: урбаністів, архітекторів, географів, інженерів, економістів, експертів з керування, політологів та багатьох інших.

Концепції та реалізації проектів SMART CITY.

Більшість провідних міст світу активно розробляють власні цифрові моделі управління параметрами їх життєдіяльності. Впровадження інноваційних технологій дозволяє вивільняти значні ресурси для вирішення гострих соціальних проблем сучасних мегаполісів. Найважливішим фактом при цьому є те, що «архітектурна» складова в розроблюваних цифрових інструментаріях пов'язана практично з усіма процесами функціонування мегаполісу.

Практично всі великі міста в світі знаходяться сьогодні в тій чи іншій стадії будівництва SMART системи управління міською інфраструктурою: Відень, Нью-Йорк, Гонконг, Лондон, Париж, Берлін, Барселона, Сідней та багато інших. Все це - приклади «інтелектуалізації» старих міст. Крім них розвиваються і «нові розумні міста»: Хабар в Кувейті, Масдар-Сіті в ОАЕ, Донган в КНР, Трежер-Айленд в Каліфорнії та ін.

У дослідженні розглянуто кілька програм реалізації принципів SMART CITY. Серед них:

Саар – стратегічний проект, який об'єднує 18 муніципалітетів Швеції. Реалізується на відкритих платформах IoT. Мета – оптимізація функціонування міської інфраструктури. Інструментарій – інтернет речей та системи управління великими масивами даних (BIG DATA).

City as a platform – система впровадження та управління цифровими послугами. Проект забезпечує можливість підключення, доступу та інтеграції даних між компонентами цифрового і фізичного рівнями міста.

Umi – платформа міського моделювання, яка оцінює екологічні характеристики будівель та міст. Управляється Лабораторією сталого дизайну Масачусетського технологічного інституту.

City Performance – СуРТ – інструмент динамічної симуляції, що аналізує економічну, соціальну і екологічну ефективність впровадження різних технологічних кластерів з більш ніж 70 напрямків в будівництві, транспорті,

енергетиці і т.п. Продукт розроблено для зниження впливу повсякденної діяльності міст на навколишнє середовище. [17].

Однак, SMART системи - все ще досить аморфна ідея цифрового «управління» життєдіяльністю міста. Тому концепція «розумних» міст неодноразово піддавалася критиці за надмірний техноцентризм та неоліберальну ідеологію.

Методи дослідження.

SMART CITY.

«Розумні міста» можуть бути визначені як системи, що інтегрують в рамках єдиного міського простору наступні напрямки діяльності: 1) розумної економіки; 2) розумної мобільності; 3) розумного середовища; 4) розумних людей; 5) розумного життя; 6) розумного управління. [18]

Ці шість осей повинні бути з'єднані з традиційними регіональними та неокласичними теоріями міського розвитку. Зокрема, осі, які засновані на теоріях регіональної конкурентоспроможності, ефективного використання природних ресурсів, транспортної мобільності, міської економіки, пріоритетного формування людського і соціального капіталів, підвищення якості життя, а також участі громадян в управлінні містами. Фактично з'являється можливість отримувати знання про міста та контролювати їх новими динамічними способами, використовуючи при цьому дані (BIG DATA) що про них збираються. [19], [20], [21], [22].

Інформаційне моделювання міста. Існують моделі інформаційно-комунікативних відносин, що допомагають раціонально розв'язувати практичні завдання. Місто у вигляді об'єкта моделювання розглядається як відкрита система інформаційних відносин, яка розділена на економічну, соціальну, політичну, культурну, діяльнісну сфери. Кожна частина аналізованої території розглядається як самостійна підмодель, пов'язана з основною моделлю певними потоками та відносинами. В економічній сфері відображаються виробничі види діяльності, спрямовані на відновлення та розвиток всіх частин середовища. Особливості соціальної сфери показуються через індекси чисельності населення, його якісного складу. У культурній сфері описуються показники збереження та розвитку історико-культурних, інформаційних традицій. Інформаційні процеси, як і інноваційні, органічно включені в усі сфери діяльності.

Імітаційний підхід сьогодні активно використовується для моделювання територіальних систем, особливо регіональних.

Сучасні тенденції в моделюванні процесів розвитку та функціонування міста забезпечують дослідження соціальної, економічної, транспортної, культурної та інших структур території міста; обґрунтування містобудівних

рішень; розробки економічної політики міста; комплексної діагностики міської території; варіантного планування просторового розвитку та ін.

Сучасні моделі міст, збудовані за допомогою імітаційного моделювання – це моделі ресурсного типу. Стан міської системи в цих моделях описується змінними. Зовнішні впливи та управлінські рішення визначають динаміку модельованої системи. На підставі обробки знань експертів виявляються всі фактори, що діють в цій системі, і причинно-наслідкові співвідношення між ними. За допомогою сучасних систем моделювання формується модель аналізованої системи. У блоках ухвалення рішень на основі цієї інформації видаються керуючі впливи на різні види об'єктів. Основним цільовим завданням є встановлення балансу використання ресурсів у системі.

BIG DATA та нові інструментарії в аналізі міста.

Завдання, що стоїть перед розробниками моделей «розумних міст», полягає в тому, щоб максимально ефективно використовувати цифрові переваги стратегічного планування. Для цього в даний час реалізуються програми управління великими кількостями даних (BIG DATA), фактів та систем, що реагують на будь-які зміни будь-яких підсистем міста.

Вироблення «великих даних» (BIG DATA) про місто супроводжується програмним пакетом нових аналітичних інструментів, які розроблено для вилучення вмісту з дуже великих, потокових наборів даних та включає чотири великі категорії: вилучення даних і розпізнавання образів; візуалізацію даних; статистичний аналіз; прогнозування, моделювання та оптимізацію. [23].

Великі дані об'єднуються в централізовані системи, такі, наприклад, як «Centro de Operações Prefeitura do Rio de Janeiro» — функціональний центр, який оперує потоками даних про місто, куди в режимі реального часу під контролем штату з 180 співробітників стікаються дані від 30 відомств, включаючи дорожній рух та систему громадського транспорту, муніципальні та комунальні служби, служби безпеки та екстреної допомоги, відомості про погоду, інформацію, адміністративні та статистичні дані та багато інших.

Сфера Великих Даних (BIG DATA) характеризується наступними ознаками: Volume - накопичена база даних; Velocity - швидкість, дана ознака вказує як на зростаючу швидкість накопичення даних, так і на швидкість обробки даних; Variety - різноманіття, тобто можливість одночасної обробки структурованої та неструктурованої різноформатної інформації; Veracity - достовірність даних; Value - цінність накопиченої інформації [24].

Результати дослідження.

Методологічні основи формування технічного завдання зі створення програмного продукту «модельного комплексу з аналізу міста як динамічної системи».

З огляду на унікальність завдання, в дослідженні розроблено методологічні основи формування технічного завдання зі створення програмного продукту «модельного комплексу з аналізу міста як динамічної системи». Аналізуючи міждисциплінарні (економічні, екологічні, інформаційні) моделі функціонування міста, та підкреслюючи їх безумовну практичну користь, треба відзначити, по більшості що вони позбавлені координатної прив'язки інформаційних блоків до тканини міста. Цей недолік часто заважає отримувати комплексну прогностичну або діагностичну відповідь, оскільки спеціалізуються на окремих «плаваючих шарах» інформаційної моделі міста. Складна системна комплексна модель великого міста вимагає нового підходу і розробки нових принципів моделювання.

Враховуючи надані вище позиції авторами статті визначено професійну специфіку інструментарію управління BIG DATA в архітектурі та містобудуванні. Особливість вимог що висувуються полягає в необхідності поєднання та управління великими масивами вербальних та статистичних даних, які мусять бути чітко прив'язаними до географічної сітки міста. Тому виглядає природно, що при розробці вказаного комплексу, у якості інформаційного підґрунтя використано архітектурно-містобудівну модель. Такий підхід дозволяє здійснити інформаційну прив'язку процесів функціонування міста до його матеріальної складової. Дане твердження засноване на тому факті, що архітектура пов'язана практично з усіма процесами функціонування міста, тому вона може бути універсальною базою для створення моделі міста в усій повноті його життя.

Запропонована розробка присвячена проблемам реалізації SMART-орієнтованого програмно-аналітичного інструментарію, що базується на управлінні великими масивами даних (BIG DATA) в архітектурному та містобудівному управлінні. Мета даного інструментарію – прогностика та моніторинг архітектурної складової міста як динамічної системи. Актуальність його реалізації полягає в оптимізації принципів функціонування архітектурної складової міста з розрахунком її впливу на процеси функціонування інших міських підсистем.

Цей комплекс базується як на архітектурно-будівельних нормативах, так і враховує нормативні вимоги сукупності дисциплін, що в своїй безлічі комплексно описують динамічні процеси функціонування та розвитку міста. Методологічною основою дослідження є методи системної динаміки. Відповідно до цих методів, сукупність та взаємовплив усіх динамічних процесів у системі міста визначає параметри його існування. Сила цих змін, їх швидкість та прискорення формують певні вимоги до архітектурної складової

міста. Такий підхід дозволяє виявляти причинно-наслідкові зв'язки між головними підсистемами міста та його архітектурною складовою.

Розроблений комплекс становить ядро інформаційно-аналітичної системи підтримки процесів підготовки та прийняття управлінських рішень на рівні регіональних і місцевих виконавчих органів влади. Його застосування дозволяє проводити аналіз і давати прогнози системних ризиків і потенційних загроз функціонуванню міста. Такий підхід відповідає цілям та завданням ISO 37122: 2019 щодо створення та розвитку SMART CITY.

Модельний комплекс складається з двох ієрархічно пов'язаних, але автономно організованих частин: вербальна (описова) та математична моделі.

Вербальна когнітивно-дослідницька матриця дозволяє аналізувати проблеми функціонування підсистеми «архітектура» як складової системи міста. Це є програмний продукт, що розроблений у вигляді шаблону, який побудовано на базі синтезу методів когнітивістики, багатовимірних матриць, агентного моделювання та спеціалізованих програмних продуктів. Формально матриця оформлена у вигляді таблиці. Три стовпці означають групи матеріальних артефактів підсистем міста: Техносферу, Екосферу та Населення. Рядки – основні потреби, які забезпечують функціонування міста як системи: соціальні, енергетичні, ресурсні, продовольчі, природні, економічні, техногенні.

Кожна з потреб, або підсистем, що стала основою назви стовпця або рядка матриці є складним морфологічним деревом. На перетині рядка та стовпця виникає «комірка», яка містить інформацію про той чи інший аспект функціонування міста. Принцип її роботи полягає в покроковому розгортанні цих комірок та перетворенні їх у нові шаблони матриць. Кожна наступна розкрита комірка стає основою нової матриці.

Робота когнітивно-дослідницької матриці ґрунтується на дедуктивному методі розвитку дослідження міста і його елементів та поетапної побудови «морфологічного дерева» проблеми, що досліджується. Ця робота фактично полягає у слідуванні за структурами морфологічних дерев стовпців та рядків таблиці. При цьому дослідження міста просувається від рівня загальних понять та абстракцій до рівня найпростіших елементів (патернів).

Принцип роботи цієї моделі-матриці можна уявити як цикли упорядкованих її структурою досліджень, які спрямовані на висвітлення існуючих проблем міста. Метод багатовимірних матриць, адаптований для потреб модельного комплексу, передбачає використання шаблону для кількісного та вербального опису кожного структурного елемента морфологічного дерева матриці. Кожен попередній рівень досліджуваної системи стає інформаційним джерелом, що формує структури шаблонів наступного рівня.

Головна функція математичної – інформаційно-накопичувальної моделі, зберігання та обробка інформації та відповідальність за виявлення прихованих взаємозв'язків та закономірностей, що впливають на процеси розвитку і функціонування міста як динамічної системи.

Для цього розроблено принцип синтезу інноваційних методів аналізу міського середовища та програмного забезпечення, що дозволяє обробляти великі масиви даних та проводити їх структурний аналіз.

Характер завдань, що вирішуються за допомогою інформаційно-накопичувальної моделі міста, відноситься до питань моделювання динамічних процесів його життєдіяльності як системи та імітації реакцій цієї системи на зміни архітектурного середовища під впливом континууму зовнішніх і внутрішніх факторів. Архітектура при цьому розглядається як одна з базових підсистем міста, на основі якої створюється його імітаційна модель.

Модель ґрунтується на індуктивному методі дослідження міста і його елементів. Вона складається з набору інформаційних комірок, кожна з яких відображає сукупність статистичної інформації про однорідний елемент міського середовища (патерн). Інформація про патерни, яку накопичено в інформаційній комірці моделі, дозволяє створити динамічну модель його життєдіяльності. Сукупність динамічних процесів життєдіяльності патернів системи міста є основою для створення імітаційної моделі.

Новизна інформаційно-накопичувальної моделі міста полягає в створенні двох паралельних систем внутрішніх зв'язків між блоками інформації: статистичного та вербального. Статистичний рівень зв'язків кількісно описує динамічні характеристики функціонування матеріальних і нематеріальних складових функціонування архітектурних та пов'язаних з нею складових міста. Вербальний описує особливості функціонування подій, патернів та кластерів міста. В принципі роботи з вербальним інформаційним рівнем закладена можливість підключення програмного модуля контент-аналізу. Даний модуль здатний здійснювати сортування текстових блоків по групах у відповідності з контекстами закладених в них смислів відповідно до потреб дослідження.

У результаті ми отримуємо інструмент, здатний відстежувати та керувати складними інформаційними потоками, що описують функціонування елементів та підсистем міста, проводити їх аналіз та об'єднувати дані за задалегідь заданими параметрами. Завдяки зворотному зв'язку, закладеному до принципів функціонування інформаційно-накопичувальної моделі, цей інструмент є засобом прогностики життєдіяльності міста.

У процесі розробки концепції програмного комплексу ми дійшли висновку, що необхідно розширити основний напрямок досліджень новим структурним блоком, орієнтованим на виявлення принципів управління

швидкістю та прискоренням позитивних трансформацій архітектурної складової міст України.

Запропонований напрям ґрунтується на серії досліджень проблем і перспектив комплексної модернізації кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду. У результаті проведеного дослідження було переконання, що ключовою проблемою, яка стримує практично будь-які спроби модернізації, є деградація соціально-економічних відносин територіальних громад, яка виникла внаслідок диктатури номенклатури в радянський період історії України. Виявлена проблема формується з декількох інших проблем нижчого порядку, а саме:

- Проблема власності. Відповідно до законодавства України, нерухомість визначається як квартири, а не земельні ділянки. Фінансовий тягар модернізації будинків повинні нести власники квартир. До 2012 року частка безоплатної приватизації квартир становила 92% від їх загальної кількості [25].

- Зубожіння населення і пов'язана з ним криза неплатежів. Після 2014 року неплатоспроможність та борги власників квартир та орендарів призвели до необхідності значних державних субсидій [26].

- Вкрай неефективна система власності та управління, яка гальмує, а подекуди й блокує позитивну трансформацію застарілих житлових кварталів;

- Проблема низької енергоефективності будівель, звідси високі і постійно зростаючі комунальні платежі. У свою чергу, ця проблема створює гостру потребу в реконструкції більшості житлових будинків та реорганізації системи управління їх енергоефективністю [27].

З наведених даних робимо висновок, що якщо зміни будуть впроваджуватися занадто швидко, ми зіткнемося з гострою проблемою неплатежів і різким зростанням соціальної напруги. Якщо темпи змін будуть недостатніми, міста країни зіткнуться з гострою екологічною та енергетичною кризою. Образно кажучи, нам потрібно пройти по дуже вузькій смужці між Сциллою і Харибдою Гомера.

Відповідно до мети дослідження на макрорівні вектор, швидкість та прискорення позитивних трансформацій архітектурної складової міст задані «Показником екологічного сліду архітектури». Ми розробили морфологічне дерево, яке відображає структуру «Екологічного сліду будівлі». В даний час ведуться роботи по створенню табличного шаблону будівельного стандарту 1-464А-3 типової серії будівель. Шаблон враховує динамічні процеси функціонування соціальної, техногенної та екологічної складових будівлі, їх статистичні дані та взаємовплив між собою та рештою міста.

На сучасному етапі досліджень ми вирішуємо завдання, пов'язані з поєднанням методів системної динаміки, статистики, інформаційної логістики

та контент-аналізу. Очікуваним результатом роботи дослідницької групи має стати математично та логічно спроектований програмний модуль (як невід'ємна частина «Програмного комплексу моделювання міста як динамічної системи»), який автоматично враховуватиме негативний та позитивний вплив архітектурного об'єкта на екологію регіону. При цьому враховується кілька факторів:

- життєвий цикл будівлі. Вплив будівлі на екологію регіону на всіх етапах його існування - від стадії проектування до утилізації (циркулярна економіка), [28];

- масштабування даних. Індикатор - це показник, що складається з великої кількості індикаторів. Для того, щоб проаналізувати принципи функціонування будівлі та її вплив на навколишнє середовище, необхідно вміти отримувати показники екологічного сліду на всіх ієрархічних рівнях, починаючи від будівлі в цілому і закінчуючи її інженерними мережами, структурою, споживанням ресурсів та окремими елементами. На даному етапі дослідження ми розробили практично весь алгоритм масштабування та виведення даних;

- соціальна поведінка населення. Сума особистих екологічних внесків кожного члена громади стає дуже помітним напрямком для сталого розвитку міста. Тут необхідно враховувати великий комплекс таких факторів, як: етичне споживання, екологічне мислення, збереження ресурсів, особистий внесок у сталий розвиток тощо. У свою чергу, кожен з цих факторів виявляється в комплексі поведінкових реакцій нижчого порядку.

У сукупності перераховані вище фактори визначають напрям вектору змін - досягнення екологічної позитивності архітектурної складової міста. Цілі сталого розвитку, закони та будівельні норми стимулюють темпи змін. Ми розробили інтерфейс для відображення існуючого стану будівлі та прогнозованих переходів принципів її функціонування від стійкості до кризи та можливої катастрофи. [29].

В результаті практичної реалізації розробленого програмного модуля, який враховує «Екологічний слід архітектури» як невід'ємну частину «Програмного комплексу моделювання міста як динамічної системи», ми зможемо ідентифікувати «Агенти змін» (робоча назва). Агентами змін виступають такі елементи і динамічні процеси функціонування міста, як системи, зміна яких при мінімальних витратах ресурсів (природних, техногенних або соціальних) дає максимальний позитивний відгук. В результаті виявлення таких елементів ми отримуємо можливість формувати на їх основі покрокові стратегії модернізації архітектурних об'єктів з

мінімальними ресурсовитратами і максимальними соціально-економічними та екологічними ефектами.

В оцінці ефективності використання «Агентів змін» особливу роль відіграє показник «Стійка доступність життєво важливих благ для населення». В умовах жорсткого обмеження наявних ресурсів цей показник дозволить вибудувати ієрархічну послідовність «Агентів змін», виходячи з доступності запланованих змін для домовласників. Таким чином, з'являється можливість проводити модернізації без гострих соціальних конфліктів.

Висновки.

За методологічну основу розробки, запропонованої в даній статті, взято розроблений авторами програмний комплекс моделювання міста як динамічної системи. Його можна розглядати як інструментарій BIG DATA для SMART CITY. Використання цього комплексу при дослідженні міста як динамічної системи дає можливість оцінити ризики, пов'язані з реалізацією архітектурно-містобудівних стратегій на практиці, і розбити їх на тактичні завдання. Це потенційно Він вирішить багато проблем, пов'язаних з адаптацією архітектури постіндустріальних міст до умов сучасних глобальних викликів.

У статті запропоновано методи та приклади розробки та удосконалення «Програмного комплексу моделювання міста як динамічної системи». Сформовано низку ідей щодо показників, які дозволяють регулювати швидкість та прискорення процесів модернізації архітектури у планах післявоєнної відбудови України. Небезпека ігнорування цієї проблеми полягає у високій ймовірності гострої соціально-економічної кризи в містах країни. Авторами дослідження розроблено методика визначення оптимальної швидкості та прискорення позитивних трансформацій архітектурної складової міст, на основі показника «Екологічний слід архітектури», який наразі розробляється. Вказуються ризики перевищення швидкості та прискорення змін. Запропоновано механізм їх регулювання на основі запропонованого в дослідженні показника «Стійка доступність життєво важливих благ для населення».

Окрім прогнозування реакції міста як динамічної системи на швидкість та прискорення необхідних трансформацій архітектурної складової, цей модуль відповідає за виявлення «Агентів змін» — елементів та динамічних процесів, зміна яких дає максимальний позитивний відгук при мінімальних витратах ресурсів (природних, техногенних чи соціальних). В результаті впровадження розроблених методик ми отримуємо потенційну можливість суттєво знизити соціально-економічні ризики, пов'язані з екологічною та енергетичною модернізацією архітектурної складової міст України.

Методи системної динаміки, що використовуються в дослідженні, потребують конкретизації та розвитку. Ці інструменти дозволяють вивчити наслідки прийнятих рішень, швидко освоїти методи і зрозуміти структуру складних систем, спроектувати тактики і стратегії для більшого успіху.

Важливим при цьому є уявлення досліджуваного процесу у вигляді діаграми, яка складається з петель позитивного і негативного зворотного зв'язку, що практично збігається з когнітивними картами. Можна сказати, що когнітивні карти служать протомоделями для теорії системної динаміки, математичним апаратом якої є системи диференціальних рівнянь.

Список літератури

1. Danylov S. Information model of city analysis as a complex dynamic system. (2018) SPACE & FORM NO 33/2018. DOI: 10.21005/pif.33_2018. B-02. P. 95-106. e-ISSN 2391-7725 | ISSN 1895-3247. <http://www.pif.zut.edu.pl/pif-33-2018>
2. Norman L. Eisen, Alina Inayeh, Jacob Kirkegaard, Thomas Kleine-Brockhoff, Josh Rudolph, and Bruce Stokes. Toward a Marshall Plan for Ukraine. New Ideas and Recommendations. GMF. https://www.gmfus.org/sites/default/files/2023-05/Ukraine-New%20ideas%20and%20recommendations_digital_May22.pdf
3. Koval V., Mikhno I., Zharikova O., Tsvirko O., Metil T., Nitsenko V. Investment management and financial development in infrastructure renovation of a sustainable-built environment (2023). *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), pp. 91 - 97, Cited 0 times. DOI: 10.33271/NVNGU/2023-2/091
4. Parkhomenko N., Podorozhna T., Tarakhonych T., Tykhomyrov O., Husariev S. Theoretical basis of implementation of international standards and European principles in Ukrainian legislation (2020). *Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues*, 23 (4), pp. 1 – 9
5. Aliexsieienko I., Koltun V., Grynchuk N., Vakulenko V., Kohut O. Sustainable Development of Territories during the Period of Post-War Environmental Restoration (2023). *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 19, pp. 350 - 360, DOI: 10.37394/232015.2023.19.31
6. Huang F. How does trade and fiscal decentralization leads to green growth; role of renewable energy development (2023) *Renewable Energy*, 214, pp. 334 - 341, Cited 2 times. DOI: 10.1016/j.renene.2023.05.116
7. Vasylevska-Smaglyuk O., Hura N., Derun I., Shevchuk V. Conceptual principles of accounting and control of the local budgets during the war and post-war periods (2023). *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 1 (48), pp. 91 - 104. DOI: 10.55643/fcaptp.1.48.2023.3982
8. Serohin V., Serohina S., Bodrova I., Hrytsenko H., Omelianenko O. The Potential of Territorial Communities as a Factor of Socio-Environmental Development of Territories (2023) *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 19, art. no. 17, pp. 197 - 206, Cited 0 times. DOI: 10.37394/232015.2023.19.17
9. Amirbekova A., Abdykarimova S., Oliynyk O. Renovation of Residential Buildings of the First Mass Series from A Sustainable Development Point of View. (2023) *Civil Engineering and Architecture*, 11 (4), pp. 1814 - 1823, Cited 0 times. DOI: 10.13189/cea.2023.110412
10. Abdel-Rahman, Hesham M. and Anas, Alex, "Theories of system of cities;" (2003). Department of Economics and Finance Working. Papers, 1991-2006. Paper 2.
11. Malik Ammar (2015) Exploring Creativity and Urban Development with Agent-Based Modeling / Ammar Malik, Andrew Crooks, Hilton Root, Melanie Swartz // George Mason University, United States. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 18 (2) 12.

12. Crainic T.G., Ricciardi N. Storchi G. (2009) Models for Evaluating and Planning City Logistics Systems. Interuniversity Research Centre on Enterprise - Networks, Logistics and Transportation. (CIRRELT), 53 p.
13. IGLUS. Laboratorio Urbano Veracruz // <https://iglus.org/iglus-laboratory/>
14. Yurrita, M., Grignard, A., Alonso, L., Zhang, Y., Jara-Figueroa, C., Elkatsha, M., Larson, K., (2021) Dynamic Urban Planning: An Agent-Based Model Coupling Mobility Mode and Housing Choice. Use Case Kendall Square. In: Arai K. (eds) Intelligent Computing. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 284. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80126-7_66
15. Nicos Komninou, Anastasia Panori, Christina Kakderi. The Smart City Ontology 2.0. URENIO Research Discussion Papers December 2020 // <https://urenio.org/wp-content/uploads/2022/12/Smart-City-Ontology-2.0-V2020-12-16.pdf>
16. Karin Skill, Mosen Farhangi & Kristina Trygg. (2023) Size matters: action space for sustainability transition among planners in Swedish municipalities. Urban Research & Practice 0:0, pages 1-18.
17. Caragliu A., Del Bo C., Nijkamp P. Smart Cities in Europe // Series Research Memoranda 0048 / VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics, 2009
18. Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanovic N., Meijers E. Smart Cities – Ranking of European Medium-Sized Cities: http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf.
19. Flood, J. (2011). The fires: How a computer formula, big ideas, and the best of intentions burned down New York city — and determined the future of cities. - New York: Riverhead. – 366 p.
20. Wolfram, M. (2012). Deconstructing smart cities: An intertextual reading of concepts and practices for integrated urban and and ICT Development // REAL CORP - 171–181p.
21. Söderström, O., Paasche, T., Klausner, F. (2014). Smart cities as corporate storytelling. City, 18(3), 307–320.
22. Vanolo, A. (2014). Smartmentality: The smart city as disciplinary strategy. Urban Studies, 51(5), 883–898.
23. Eric Schmidt, «Google» // Techonomy Conference, Lake Tahoe, CA, August 4, 2010, presentation at a panel discussion with Debby Hopkins, Kevin Kelly, and Lisa Randall, moderated by David Kirkpatrick
24. Kitchin R. The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences (2014) - Thousand Oaks, California: Sage Publications. Journal of Regional Science 56(4). 722-723 p.
25. Pleshkanovska A., Biriuk S. “Outdated housing stock” as an object of complex reconstruction programs and projects: challenges for Ukraine. (2021) Journal of Urban and Regional Analysis, 13 (2), pp. 257 - 280, Cited 7 times. DOI: 10.37043/JURA.2021.13.2.4
26. Prokopenko V., Biletskyi I., Vlasenko T. Financial leverages of the regulation of residential construction (2023). Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice, 2 (49), pp. 99 - 112, Cited 1 times. DOI: 10.55643/fcaptop.2.49.2023.4040
27. Shcherbyna A., Nikolaiev V. Management of Owner-Occupied Apartments in Ukraine: A Way to Balance between Landlords and Tenants. (2023) ISVS e-journal, 10 (1), pp. 122 – 134. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85151235946&partnerID=40&md5=753f133abdd8acae6a376e68903e43b8>
28. Kazmi R., Chakraborty M. Identification of parameters and indicators for implementing circularity in the construction industry (2023). Journal of Engineering and Applied Science, 70 (1), art. no. 77. DOI: 10.1186/s44147-023-00251-3
29. Danylov, S. Methods of cluster analysis in the investigation of the city as an open dynamic system // PRZESTRZEŃ I FORMA. NR 32/2017. SPACE & FORM NO 32/2017.

Doctor of Architecture, Professor **Fomenko Oksana**,
Doctor of Architecture, Professor **Chehelnitisky Sergey**,
O.M. Beketov National University
of Urban Economy in Kharkiv

PROBLEMS OF REGULATING ECO-POSITIVE CHANGES IN SMART CITY FORMATION PROCESSES

Architects, scientists of the Kharkiv National University of Urban Economy. O.M. Beketov conducts research focused on writing the terms of reference for the "Software package for modeling the city as a dynamic system". This development is devoted to the problem of improving SMART-oriented software and analytical tools based on working with large data arrays (BIG DATA) in architectural and urban planning management. The purpose of this toolkit is prognostics and monitoring of the architectural component of the city as a dynamic system. The relevance of its implementation lies in the optimization of the principles of functioning of the architectural component of the city with the calculation of its impact on the processes of functioning of other urban subsystems.

As a development and improvement of this direction, a method for determining the optimal speed and acceleration of positive transformations of the architectural component of cities, based on the indicator "Ecological footprint of architecture", which is currently being developed, is proposed. It is a method of developing step-by-step strategies for the development of the architectural component of cities. The main problem is to determine the optimal pace of social, environmental and economic changes in the processes of achieving a sustainable state of the city. Too rapid changes will inevitably lead to an aggravation of the socio-economic crisis. Slow change has a negative impact on the sustainability and ecology of the region. For this reason, in this article, the authors have developed a concept for the formation of an indicator that determines the vector, speed and acceleration of modernization of the architectural component of the city. As a factor limiting the rate of change to a socially acceptable level, the indicator of "Sustainable accessibility of vital goods for the population" was chosen.

Keywords: software package; architecture; SMART CITY; change agents; modeling; sustainability indicators

REFERENCES

1. Danylov S. Information model of city analysis as a complex dynamic system. (2018) *SPACE & FORM* NO 33/2018. DOI: 10.21005/pif.33_2018.B-02. P. 95-106. e-ISSN 2391-7725 | ISSN 1895-3247. <http://www.pif.zut.edu.pl/pif-33-2018> {in English}
2. Norman L. Eisen, Alina Inayeh, Jacob Kirkegaard, Thomas Klein-Brockhoff, Josh Rudolph, and Bruce Stokes. *Toward a Marshall Plan for Ukraine. New Ideas and Recommendations.* GMF. https://www.gmfus.org/sites/default/files/2023-05/Ukraine-New%20ideas%20and%20recommendations_digital_May22.pdf {in English}
3. Koval V., Mikhno I., Zharikova O., Tsvirko O., Metil T., Nitsenko V. Investment management and financial development in infrastructure renovation of a sustainable-built environment (2023). *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), pp. 91 - 97, Cited 0 times. DOI: 10.33271/NVNGU/2023-2/091 {in English}
4. Parkhomenko N., Podorozhna T., Tarakhonych T., Tykhomyrov O., Husariev S. Theoretical basis of implementation of international standards and European principles in Ukrainian legislation (2020). *Journal of Legal, Ethical and Regulatory Issues*, 23 (4), pp. 1 – 9 {in English}
5. Aliksieienko I., Koltun V., Grynchuk N., Vakulenko V., Kohut O. Sustainable Development of Territories during the Period of Post-War Environmental Restoration (2023). *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 19, pp. 350 - 360, DOI: 10.37394/232015.2023.19.31 {in English}
6. Huang F. How does trade and fiscal decentralization leads to green growth; role of renewable energy development (2023) *Renewable Energy*, 214, pp. 334 - 341, Cited 2 times. DOI: 10.1016/j.renene.2023.05.116 {in English}
7. Vasylevska-Smaglyuk O., Hura N., Derun I., Shevchuk V. Conceptual principles of accounting and control of the local budgets during the war and post-war periods (2023). *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 1 (48), pp. 91 - 104. DOI: 10.55643/fcaptp.1.48.2023.3982 {in English}
8. Serohin V., Serohina S., Bodrova I., Hrytsenko H., Omelianenko O. The Potential of Territorial Communities as a Factor of Socio-Environmental Development of Territories (2023) *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 19, art. no. 17, pp. 197 - 206, Cited 0 times. DOI: 10.37394/232015.2023.19.17 {in English}
9. Amirbekova A., Abdykarimova S., Oliynyk O. Renovation of Residential Buildings of the First Mass Series from A Sustainable Development Point of View. (2023) *Civil Engineering and Architecture*, 11 (4), pp. 1814 - 1823, Cited 0 times. DOI: 10.13189/cea.2023.110412 {in English}

10. Abdel-Rahman, Hesham M. and Anas, Alex, "Theories of system of cities;" (2003). Department of Economics and Finance Working. Papers, 1991-2006. Paper 2. {in English}
11. Malik Ammar (2015) Exploring Creativity and Urban Development with Agent-Based Modeling / Ammar Malik, Andrew Crooks, Hilton Root, Melanie Swartz // George Mason University, United States. Journal of Artificial Societies and Social Simulation 18 (2) 12. {in English}
12. Crainic T.G., Ricciardi N. Storchi G. (2009) Models for Evaluating and Planning City Logistics Systems. Interuniversity Research Centre on Enterprise - Networks, Logistics and Transportation. (CIRRELT), 53 p. {in English}
13. IGLUS. Laboratorio Urbano Veracruz // <https://iglus.org/iglus-laboratory/> {in English}
14. Yurrita, M., Grignard, A., Alonso, L., Zhang, Y., Jara-Figueroa, C., Elkatsha, M., Larson, K., (2021) Dynamic Urban Planning: An Agent-Based Model Coupling Mobility Mode and Housing Choice. Use Case Kendall Square. In: Arai K. (eds) Intelligent Computing. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 284. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80126-7_66 {in English}
15. Nicos Komninos, Anastasia Panori, Christina Kakderi. The Smart City Ontology 2.0. URENIO Research Discussion Papers December 2020 // <https://urenio.org/wp-content/uploads/2022/12/Smart-City-Ontology-2.0-V2020-12-16.pdf> {in English}
16. Karin Skill, Mosen Farhangi & Kristina Trygg. (2023) Size matters: action space for sustainability transition among planners in Swedish municipalities. Urban Research & Practice 0:0, pages 1-18. {in English}
17. Caragliu A., Del Bo C., Nijkamp P. Smart Cities in Europe // Series Research Memoranda 0048 / VU University Amsterdam, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics, 2009 {in English}
18. Giffinger R., Fertner C., Kramar H., Kalasek R., Pichler-Milanovic N., Meijers E. Smart Cities – Ranking of European Medium-Sized Cities: http://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf. {in English}
19. Flood, J. (2011). The fires: How a computer formula, big ideas, and the best of intentions burned down New York city — and determined the future of cities. - New York: Riverhead. – 366 p. {in English}
20. Wolfram, M. (2012). Deconstructing smart cities: An intertextual reading of concepts and practices for integrated urban and and ICT Development // REAL CORP - 171–181p. {in English}
21. Söderström, O., Paasche, T., Klauser, F. (2014). Smart cities as corporate storytelling. City, 18(3), 307–320. {in English}

22. Vanolo, A. (2014). Smartmentality: The smart city as disciplinary strategy. *Urban Studies*, 51(5), 883–898. {in English}
23. Eric Schmidt, «Google» // Techonomy Conference, Lake Tahoe, CA, August 4, 2010, presentation at a panel discussion with Debby Hopkins, Kevin Kelly, and Lisa Randall, moderated by David Kirkpatrick {in English}
24. Kitchin R. *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences* (2014) - Thousand Oaks, California: Sage Publications. *Journal of Regional Science* 56(4). 722-723 p. {in English}
25. Pleshkanovska A., Biriuk S. “Outdated housing stock” as an object of complex reconstruction programs and projects: challenges for Ukraine. (2021) *Journal of Urban and Regional Analysis*, 13 (2), pp. 257 - 280, Cited 7 times. DOI: 10.37043/JURA.2021.13.2.4 {in English}
26. Prokopenko V., Biletskyi I., Vlasenko T. Financial leverages of the regulation of residential construction (2023). *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 2 (49), pp. 99 - 112, Cited 1 times. DOI: 10.55643/fcaptp.2.49.2023.4040 {in English}
27. Shcherbyna A., Nikolaiev V. Management of Owner-Occupied Apartments in Ukraine: A Way to Balance between Landlords and Tenants. (2023) *ISVS e-journal*, 10 (1), pp. 122 – 134. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85151235946&partnerID=40&md5=753f133abdd8acae6a376e68903e43b8> {in English}
28. Kazmi R., Chakraborty M. Identification of parameters and indicators for implementing circularity in the construction industry (2023). *Journal of Engineering and Applied Science*, 70 (1), art. no. 77. DOI: 10.1186/s44147-023-00251-3 {in English}
29. Danylov, S. Methods of cluster analysis in the investigation of the city as an open dynamic system // PRZESTRZEŃ I FORMA. NR 32/2017. SPACE & FORM NO 32/2017. czasopismo naukowe Polskiej Akademii Nauk DOI: 10.21005/pif.32_2017.B-02. P. 117-126. e-ISSN 2391-7725 | ISSN 1895-3247 {in English}