

DOI: 10.18372/2415-8151.22.15392

УДК 72.01; 711; 712

# АНАЛІЗ ДОСВІДУ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ОБГРУНТУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ РОЗВИТКУ РОЗУМНИХ МІСТ

**Ковальов Юрій Миколайович<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри промислового дизайну та комп'ютерних технологій Київської державної академії декоративно-прикладного мистецтва і дизайну ім. М. Бойчука, Київ, Україна,  
e-mail: yurnk61@ukr.net, orcid: 0000-0001-7433-1310

**Анотація.** У статті проаналізовано переваги та недоліки сучасних розумних міст (smart city), а також викладено концепцію їх розвитку.

**Мета.** Досвід проектування, будівництва та експлуатації розумних міст, як зведених з «нуля», так і реалізованих у вигляді впровадження окремих технологій, дає великий обсяг даних для системного аналізу їх переваг і недоліків. У свою чергу, результати такого аналізу мають бути враховані при науковому обґрунтуванні концепції розвитку розумних міст. Метою публікації є представлення результатів системного аналізу досвіду організації smart city та обґрунтування концепції розвитку розумних міст.

**Методологія.** Дослідження проведено на основі системного підходу у декілька етапів. Для визначення сильних та слабких сторін розумних міст відносно внутрішніх і зовнішніх факторів використано метод SWOT-аналізу, результати якого використовуються для обґрунтування концепції розвитку розумних міст. За основу такої концепції узяті уявлення про місто, як складну відкриту динамічну систему, формалізовану з позицій теорії самоорганізації складних систем, а також біонічні аналогії функціонування міста та живих істот.

**Результати.** Проаналізовано дані, які характеризують параметри розумних міст. Виявлено їх переваги та недоліки. Встановлено, що вони мають системний характер і проявляються на всіх рівнях організації міського середовища. Розроблено концепцію розвитку розумних міст. Концепція сформульована у вигляді п'яти загальних положень, принципів організації і узгодження рівнів міського середовища, а також двох додаткових положень, що відносяться до методів оцінювання та оптимізації середовища.

**Наукова новизна.** На основі системного підходу та теорії самоорганізації складних систем вперше розроблено концепцію розвитку розумних міст.

**Практична значущість.** Зібрані дані щодо розумних міст можуть бути використані при проведенні різноманітних аналітичних, маркетингових і статистичних досліджень. Результати SWOT-аналізу можуть застосовуватися для обґрунтування концепцій та стратегій впровадження розумних технологій як у традиційне міське середовище, так і при будівництві розумних міст з «нуля».

Запропонована концепція розвитку розумних міст може бути використана при визначенні доцільності та мети будівництва такого міста (району, вулиці тощо), впровадження окремих технологій, запобігання та виправлення помилок, оцінювання та оптимізації міського середовища.

**Ключові слова:** smart city; системний підхід; SWOT-аналіз; теорія самоорганізації складних систем; концепція розвитку розумних міст.

## ВСТУП

Можливості контролю та управління параметрами середовища, притаманні сучасним інформаційним технологіям, викликають природний інтерес як засоби оптимізації міського середовища у рамках загальної тенденції його гуманізації.

Практика впровадження таких технологій триває вже більше двох десятиліть і представлена прикладами як застосування окремих технологій із обмеженими цілями, так і комплексного їх використання (smart city, розумне місто); обсяги інвестицій у такі проекти становлять у 2019, згідно даних компанії аналітичної Frost & Sullivan, \$ 96 млрд; сумарні ринкові можливості розумних міст 2025 р. досягнуть \$ 2,46 трлн [2].

Проте досягнутий ефект досить часто не виправдовує очікування, що веде до необхідності як пошуку причин, так і концептуальних розробок, чому і присвячена дана публікація.

## АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Джерела за темою можна розділити на чотири групи.

1. Концептуальні. Сучасне бачення smart city склалося у конкретних умовах кінця 90-х-початку 00-х років, серед яких варто відзначити ідеологію «сталого розвитку» (створення сприятливого бізнес-середовища, зростання частки міського населення, зростання потреби міст у ресурсах, погіршення екологічної ситуації, кримінальні і терористичні загрози, необхідність контролю поведінки людей, необхідність спростити і покращити взаємодії громадян із владою), а також ідеї Нового урбанізму та Зеленого міста [5; 8]. Стрімкий розвиток електронних засобів, зменшення їх вартості і насичення ними усе більшої кількості різних сфер, породив надію, що за їх допомогою можуть бути вирішені існуючі урбаністичні проблеми. Так, Британський інститут стандартів (BSI) описує розумний місто, як «ефективну інтеграцію фізичних, цифрових і людських систем в штучно створеному середовищі з метою забезпечити стійке, благополучне і всебічне майбутнє для громадян» [11]. Разом з тим, присутня і скептична позиція, адепти якої стверджують, що розумне місто у сучасному вигляді такої мети досягти невзможі [3; 6]. Претензії пред'являються, в основному, до невимірюваності очікуваних ефектів та загальної концептуальної невизначеності.

2. Практичні. Досвід використання розумних технологій призвів до формування умовного «стандарту розумного міста», реалізація якого передбачає виконання наступних програм: електронний уряд (міське управління); інтелектуальні системи суспільної безпеки та контролю; сприятливе середовище для інноваційної діяльності; розвиток інфраструктури мереж і засобів зв'язку; інтелектуальне житлово-комунальне господарство; розумний міський транспорт; інтелектуальні системи екологічної безпеки; чиста (зелена) енергетика; нульовий рівень відходів; сприяння туризму і сервісу. При цьому планується збільшити мобільність управління, зменшити непродуктивні витрати, вивільнити час мешканців [10]. Цей досвід знайшов втілення у нормативних документах, зокрема Стандартах ISO 37120: 2014 «Сталий розвиток громади. Показники міських послуг та якості життя», ISO 37151: 2015 «Інтелектуальні інфраструктури комунального господарства. Принципи та вимоги до системи робочих показників» тощо.

3. Технологічні. На сьогодні склалася група технологій та засобів розумного міста, яка містить: електронний документообіг; ситуаційні та call-центри; систему екстреного виклику поліції та служб надзвичайних ситуацій; системи управління із застосуванням штучного інтелекту; технології обробки великих масивів неструктурованих даних (Big Date); технології підтримки прийняття рішень; розподілені бази даних; хмарні обчислення; електронні транзакції (бізнес) та розрахунки (ЖКГ); камери відеофіксації, відеоспостереження і відеоаналітика; біометрію; геоінформаційні технології та навігацію; інтелектуальні транспортні системи; засоби безпеки на міському транспорті; безпілотні автомобілі та літальні апарати; розумне і енергозберігаюче освітлення, опалення, переробка відходів тощо; професійний радіозв'язок і широкопasmовий доступ до мереж (LTE, 5G); інтернет речей (IoT); доповнена і віртуальна реальність; дистанційне навчання; інтелектуальні інформаційно-рекламні сервіси [15].

4. Аналітичні. На основі думок споживачів, різноманітних рейтингових оцінок та методик даються прогнози щодо перспектив розумних міст при різних горизонтах планування [24]; недоліком цих досліджень є методична неузгодженість та використання апарату, неадекватного властивостям складних систем,

до яких відносяться розумні міста.

Таким чином, існуючі джерела дають достатньо різнобічної інформації для аналізу практичних аспектів та технологій функціонування розумних міст, але залишають невизначеними концептуальні аспекти їх існування.

## МЕТА

Отже, необхідно провести системний аналіз досвіду експлуатації smart city і розробити, на основі теорії самоорганізації складних систем, концепцію розвитку розумних міст. Досягнення цієї мети створить основу для багатокритеріальної оптимізації середовища розумного міста (прийняття рішення про доцільність і мету будівництва, визначення набору розумних технологій, територіальне зонування та структуризація середовища, впровадження окремих розумних систем (безпека, транспорт, ЖКГ тощо). У свою чергу, це дасть поштовх подальшій розробці методів багатокритеріальної оптимізації міського середовища, особливо тих, які використовують критерії психологічного комфорту і базуються на сценаріях самоорганізації складних відкритих систем.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Вихідні дані. Розглядалися дві групи.

«Традиційні» міста + розумні технології [24].

Аналітичні агенції, які складають рейтинги розумних міст (Forbes, PwC, Juniper Research, EasyPark) враховують: енергоефективність та економію ресурсів; використання відновлюваних джерел енергії; екологічний транспорт та зручні системи міського транспорту; впровадження інтелектуальних мережевих технологій, інтернет речей; контроль та оптимізація вуличного руху і паркінгів.

До міст, які входять до топ-групи, відносяться: Сінгапур (сильні сторони – моніторинг обстановки та контроль безпеки, організація інтелектуального транспорту, безпілотний транспорт, концепція «Віртуальний Сінгапур»); Лондон (великий дата-центр і високотехнологічні рішення проблем трафіку); Нью-Йорк (моніторинг, безпека, енергозбереження, вивіз відходів); Барселона (моніторинг та оптимізація трафіку, енергозбереження, екологія, розумна система

поливу, платформа Sentilo зі збору та аналізу даних); Копенгаген (розвинена інфраструктура велосипедного транспорту, підтримка бізнесу, енергозбереження, соціальні та адміністративні інститути).

Розумні міста з «нуля».

Розглядалися задум та практичні результати при будівництві міст Сонгдо (Південна Корея), Масдар (ОАЕ), а також проекти Smart Forest City Cancun, Мексика, Неом, (Саудівська Аравія) районів Brainport, (Хелмонд, Нідерланди), Union Point. (Бостон, США), [7; 13; 16; 25].

Сонгдо має стати центром бізнесу та освіти із населенням 300 000 мешканців; планується, що ще 400 000 будуть приїждити на роботу. Проект є приватним; сума інвестицій \$40 млрд. Будівництво почалося у 2003 р. і має завершитися у 2025 р.

Проект втілює основні принципи Зеленого урбанізму у пом'якшеному варіанті: у енергетиці акцент зроблено на енергозбереженні, а не відновлюваних джерелах, не планується самозабезпечення продуктами харчування, поряд із зонами пішохідної доступності є розгалужена мережа для транспорту тощо.

Місто ретельно вписане у рельєф, має виразний силует, чітко зоноване (бізнес-центр, житло, інфраструктура, громадські простори, рекреаційні зони), має розгалужену транспортну мережу. Кліматичні умови в цілому сприятливі.

Місто насичене виразними спорудами у сучасних архітектурних стилях, а також постмодерністськими малими архітектурними формами, скульптурами і окремими предметами.

Населення міста далеко не досягає планових показників (на 2018 р. оцінювалося у 45 тис. і 65 тис. приїжджих), мешканці скаржаться на високу вартість житла, недоступність високооплачуваної роботи та погану якість комунальних послуг. У деяких публікаціях проект оцінюється як провальний.

Будівництво м Масдар почалося в 2008 році, перша черга закінчена до 2015 року, а остаточне завершення планується у 2025 р. Місто займає територію в 6 км<sup>2</sup>, його населення складає 50 тис. чоловік, і ще близько 60 тис. приїждить на роботу.

Проект «Ініціатива Масдар» передбачає зведення першого в світі міста, що забезпечується сонячною енергією та іншими поновлюваними джерелами і має стійке екологічне середовище з мінімальними викидами вуглекислого газу в атмосферу, а також систему повної переробки

відходів міський діяльності. Загальний бюджет будівництва визначено в \$ 22 млрд.

Населити місто планується вченими, які працюють над високотехнологічними зеленими проектами. Планується будівництво понад 1.500 підприємств і установ, що спеціалізуються на розробках в області екологічно чистих технологій, виробництва та реалізації пов'язаної з ними продукції.

Центром координації наукових розробок і підготовки кадрів визначено Масдарській інститут науки і технологій.

Вжито серйозних заходів до поліпшення мікроклімату міста, розташованого в пустельній місцевості. Ініційована заборона автомобільного транспорту; пасажирські перевезення планується організувати за допомогою систем загального і персонального автоматичного транспорту. При цьому вузлові пункти сполучення з транспортними мережами будуть винесені за межі міста.

Відсутність автотранспорту дозволить розбити міську зону на велику кількість тінистих вуличок, якими постійно буде гуляти прохолодний бриз, створюваний спеціальними генераторами. Сприятиме цьому і озеленення. Сукупність заходів має забезпечити зниження температури на 12-15 0С.

Сонцезахисні заходи реалізовані на рівні транзитних зон, при будівництві громадських та індивідуальних будинків, а також конструктивних рішень і використовуваних матеріалів

Вся енергія для міста виробляється з використанням відновлюваних джерел.

Вертикальні ферми, які зараз з'являються в багатьох містах, повністю забезпечують Масдар провізією.

Задум Smart Forest City Cancun у передмісті Канкуна, Мексика планується побудувати на ділянці площею 557 гектарів. Воно буде містити 7,5 мільйона рослин. Місто забезпечить житлом 130 тис. мешканців. Концепцію представляє автор проекту Стефано Боєрі [25]:

«Smart Forest City – це ботанічний сад, розташований в межах сучасного міста, заснованого на спадщині майя, їх стосунках з природним і священним світом. Це міська екосистема, де природа і місто переплетуться і будуть діяти як єдиний організм.

Завдяки новим суспільним паркам і садам, зеленим дахам і фасадам, фактично зайняті площі будуть повернуті природі через відмінний баланс між кількістю зелених зон і площею забудови.

Місто буде поглинати 116 000 тон вуглекислого газу і може зробити наш світ кращим, значно знизивши негативний вплив на навколишнє середовище, можливо, ставши новим видом людського поселення, антропогенним містом для природи і біорізноманіття. Ідея проекту полягає в тому, щоб створити місто, присвячене дослідженням та інноваціям, де зустрінуться академічні інститути та дослідницькі центри, а також великі транснаціональні корпорації і покоління студентів і дослідників з усього світу».

Напрями досліджень: біомедицина, астрофізика і планетологія, відновлення коралових рифів, землеробство і регенеративні технології, мобільність та робототехніка.

Управління даними в смарт-місті буде здійснюватися з повною повагою до конфіденційності громадян і використовуватися для поліпшення різних аспектів міського життя. Запобігання поширенню захворювань і максимально ефективного використання енергії будуть одним з пріоритетних напрямків.

Місто буде самостійно виробляти продукти харчування, енергію, прісну воду. Розвиток міського транспорту дозволить залишати жителям свої автомобілі на околицях міста.

Інтелектуальний район Brainport (Хелмонд, Нідерланди), включить півтори тисячі будинків, які будуть побудовані протягом наступних 10 років.

Планується, що район вироблятиме свою власну їжу і енергію, буде переробляти відходи і мати систему контролю і обробки даних.

Перші 100 будинків стануть тестовими моделями для альтернативної економічної системи, в якій користувачі зможуть заощадити гроші за допомогою цифрових послуг, включаючи продукти харчування і транспорт, одночасно сприяючи зростанню місцевих громад і підприємств.

Розроблено гнучкий генеральний план у вигляді сітки, який буде розвиватися згідно потреб жителів. Міський простір розділено на квартали з різною щільністю забудови і зелених зон. Центральний парк буде проходити через центр району.

Жителі будуть брати активну участь у використанні комунальних ресурсів для виробництва енергії і вирощуванні продовольства для району. Підприємства будуть зосереджені на дослідженнях та інноваціях.

Архітектурні бюро Elkus Manfredi і Sasaki представили план по перетворенню земельної

ділянки площею близько 600 га у smart-city Union Point. США, Бостон. Union Point включатиме безпілотні транспортні засоби, розумні соціальні системи, інтелектуальні системи збору та обміну даними, і екологічні, економічні, інноваційні програми.

Будівництво міста Неом у північно-західній частині Аравійського півострова є найбільш амбітною частиною плану диверсифікації економіки Королівства Саудівська Аравія Vision 2030; у будівництво планується вкласти \$ 500 млрд.

Неом функціонуватиме в якості приватної інвестиційної і торгової зони, що охоплює три країни, і керується своїми власними законами.

Дев'ять ключових секторів майбутнього міста: енергетика, водопостачання, мобільність, біотехнології, продовольство, технологічні науки, передове виробництво, ЗМІ та розваги суттєво спиратимуться на розумні технології. Проект розрахований на те, що ці області будуть залучати висококваліфікованих фахівців, а всі рутинні завдання будуть виконуватися роботами.

Місто буде повністю жититися відновлюваною енергією та виробляти продукти харчування на вертикальних фермах. Розвиток нової інфраструктури дозволить громадянам подорожувати в безпілотних транспортних засобах, мати доступ до безкоштовного інтернету та онлайн-освіти, а також жити в будинках з нульовим балансом вуглецю.

Оцінюючи якість вихідних даних, відмітимо їх неповноту, різноманітність, неоднакову аналітичну цінність, велику частку не кількісних показників, неузгодженість методик первинної обробки. Це достатньо типова ситуація при оцінюванні складних систем, якими і є розумні міста. Відзначимо також спроби уніфікації даних у ситуаціях, коли необхідно визначити ефективність проектів пов'язаних із розумними містами [1; 22].

Аналітика.

Виходячи із вищезазначених особливостей вихідних даних, для аналізу якості середовища розумних міст слід залучати метод експертного оцінювання [14]. У залежності від об'єктів та особливостей конкретних виборок даних, оцінювання здійснюється у декілька етапів.

1. Процедура відбору експертів здійснюється на основі самооцінки? за результатами тестування, суміщенням самооцінок і тестувань.

Мають враховуватись: професійна

компетентність і наявність досвіду; креативність (уміння вирішувати творчі задачі нестандартними методами); наукова інтуїція (здатність робити висновки без усвідомлення шляху до цього); зацікавленість в об'єктивних результатах експертизи; незалежність судження; об'єктивність; евристичність (здатність бачити неочевидні обставини і вирішувати нестандартні задачі).

2. Визначення кваліфікації експертів за допомогою одного з методів – евристичного, статистичного, тестового, документального, комбінованого.

3. Складання списку показників, критеріїв оцінювання та їх ранжирування, для чого використовуються такі методи, як Delphi, ПАТТЕРН, комбінований.

У будь-якому випадку, кінцевим результатом є список ранжированих показників і критеріїв, у ідеальному випадку – і їх вагові коефіцієнти.

При застосуванні методики системного оцінювання середовища [19], уточненої для розумних міст [21] і заснованої на теорії взаємодії людини і середовища [4], яка, у свою чергу, впливає із теорії самоорганізації складних систем [23], загальний і групові показники, а також їх вагові коефіцієнти визначаються теоретично, відтак, задача визначення і оцінювання окремих показників значно спрощується.

4. Складання анкети для опитування. Організатори опитування, основуючись на результатах попередніх етапів, складають анкети з відповідними питаннями і у відповідних, кількостях, що враховують склад показників, подальшу процедуру опитування, кількість експертів. Необхідно також врахувати вимоги зручності обробки – чи буде це комп'ютерна обробка (тоді – максимум формалізації), чи неформальне обговорення.

5. Проведення експертного опитування. Може бути застосований один із перелічених методів групового опитування – Delphi, ПАТТЕРН, або комбінований.

Методика оцінювання включає три незалежні опитування:

- А. Оцінювання об'єкту у цілому;
- Б. Оцінювання за груповими показниками;
- В. Оцінювання за окремими показниками.

Для того, щоб не ускладнювати підрахунки, доцільно використати наступну шкалу балів для окремих показників:

5 — відмінно, будь-які недоліки

відсутні;

4 — добре, недоліки незначні;

3 — задовільно, з недоліками можна змиритися

2 — погано, недоліки слід виправляти;

1 — дуже погано, необхідні кардинальні зміни;

0 — показник не був врахований при проектуванні, необхідне таке рішення, для якого він був би задіяним.

6. Обробка даних опитування здійснюється стандартним шляхом у виборках окремих, групових і загальних показників окремо – розраховується математичне очікування, коефіцієнти варіації і конкордації, дисперсія тощо.

7. Аналіз результатів опитування.

А. При відмінній оцінці у цілому подальше оцінювання можна не проводити, або провести оцінювання по груповим показникам з метою визначення його переваг.

При середніх балах оцінювання по груповим показникам є обов'язковим для виявлення та виправлення недоліків.

При низьких оцінках слід переглянути концепцію у цілому, а потім провести повторне оцінювання.

Б. Кожен рівень оцінюється за власним груповим показником. Це дозволяє визначити недоліки стилістичних та конструктивних рішень, недостатність функцій, компонування тощо на конкретному рівні.

При середніх оцінках слід провести оцінювання по окремим показникам з метою більш конкретного виявлення недоліків.

При низьких оцінках прийняті для конкретного рівня стилістичні, конструктивні та інші рішення слід повністю переглянути, після чого провести повторне оцінювання.

В. Окремі показники дозволяють побачити «слабкі місця» конкретних рішень, що може бути підставою для їх «еволюційної» модифікації. Доцільно проводити оцінювання по окремим показникам тільки у разі необхідності детального аналізу об'єкту, коли оцінки у цілому або по груповим показникам не виявляють конкретних недоліків, що мають бути виправлені. Для спрощення, усі окремі показники вважаються рівнозначними; у разі необхідності, можна на етапі 3 приписати їм певні вагові коефіцієнти.

8. У разі розробки плану оптимізації, здійснюється Подальша обробка за критеріями Лапласа, Вальда тощо для оцінювання різних

варіантів оптимізації.

До недоліків експертних методів відносяться високі витрати на їх проведення та суб'єктивізм результатів.

Застосування теорії самоорганізації систем має суттєві переваги – спрощення процедур на різних етапах оцінювання, що дозволяє економити час і кошти; уточнення процедур відбору споживачів та експертів, що позитивно впливає на якість результатів опитування; таблиці показників одночасно є об'єктивно обґрунтованими (що важливо, наприклад, при визначенні реальної вартості житла), і враховують суб'єктивні уподобання (що важливо при визначенні споживчих якостей), що суттєво розширює можливості використання результатів цього варіанту експертного оцінювання.

Як показала практика застосування описаної методики [18; 20], вона краще підходить для оцінювання конкретних середовищ або проектів; для концептуального рівня дослідження її можливості є надлишковими.

Виходячи з цього, був проведений SWOT-аналіз вхідних даних, результати якого наведено у табл. 1 і 2.

Як бачимо, у обох стратегіях організації розумних міст присутні суттєві слабкості і загрози, які слід усунути.

Для цього сформулюємо власну концепцію розвитку розумних міст.

За основу концепції узяті уявлення про місто, як складну відкриту динамічну систему, формалізовану з позицій теорії самоорганізації складних систем, а також біонічні аналогії функціонування міста та живих істот.

Загальні положення.

1. Цільовими споживачами розумного міста є територіальна громада в цілому, окремі психологічні типи та соціальні верстви, професіональні групи та групи за інтересами, окремі сім'ї та особистості будь-якого віку, із стандартними та обмеженими можливостями.

2. Метою розумного середовища є:

- сприяння підвищенню якості життя;
- оптимізація процесів отримання, розподілу, використання та утилізації ресурсів.

3. Задачами розумного середовища є:

- підвищення якості громадського простору;
- координація групових просторів у рамках громадського простору;
- підвищення якості групових просторів у залежності від їх специфіки;

Таблиця 1.  
SWOT-аналіз проектів типу «традиційні» міста + розумні технології

Внутрішні фактори	Сильні сторони	Слабкі сторони
	Орієнтація на реальні потреби Використання існуючих технологій	Недостатність системного підходу, зокрема, ігнорування властивостей складних відкритих систем (за виключенням технічних складових) Відсутність загальної концепції із визначеними цілями і показниками ефективності Регулювання тільки частини взаємодій і функцій Недостатня адаптованість до змінних умов Нечіткий розподіл функцій між людськими і машинними компонентами У гуманітарній області недостатність: – зв'язку із психотипами і соціальною структурою суспільства; – настроювання на потреби окремих груп та особистостей; – показників комфорту та якості життя – засобів самореалізації Вузький горизонт планування
Зовнішні фактори	Можливості	Загрози
	Наявність стабільного фінансування	Економічна і екологічна ефективність може виявитися нижче, ніж очікувалося Недостатнє покращення комфорту і якості життя

Таблиця 2.  
SWOT-аналіз проектів типу розумні міста з «нуля»

Внутрішні фактори	Сильні сторони	Слабкі сторони
	Наявність загальних концепцій Наявність довгострокових планів Екологічна проблематика Прагнення тотально змінити спосіб життя Орієнтація на перспективні технології	Ідеалістичність концепцій та їх відірваність від реальних потреб (як «Місто сонця» Т. Кампанелли або «Утопія» Т. Мора) Недостатність системного підходу, зокрема, ігнорування властивостей складних відкритих систем. Невизначеність цілей і контрольних показників Відсутність розрахунків ефективності Регулювання тільки частини взаємодій і функцій Надмірна увага екологічним проблемам та «зеленим технологіям», віра у їх здатність вирішувати соціальні та індивідуальні проблеми Недостатня адаптованість до змінних умов Нечіткий розподіл функцій між людськими і машинними компонентами Відсутність зв'язку із психотипами і соціальною структурою суспільства Настроювання на потреби тільки екологічно занепокоєної інтелігенції

Зовнішні фактори	Можливості	Загрози
	Цікавість багатих інвесторів Пропаганда у ЗМІ Позитивне сприйняття громадськістю	Спад екологічного ажіотажу Економічна неефективність Невиправданість очікувань Конспірологічні побоювання (чипізація, надмірний контроль за приватним життям тощо) Припинення фінансування Неможливість функціонування за рахунок власних ресурсів

- координація особистих просторів у рамках сімейних та групових просторів;

- підвищення якості особистих просторів.

4. Розумне місто є складною відкритою системою і має всі властивості складних систем [21; 23]. Правильно організована взаємодія компонентів розумного середовища веде до набуття ними якісно нових властивостей (синергетичний ефект).

5. Структура розумного міста як складної системи описується сукупністю сценаріїв самоорганізації ( $\{C\}$ ,  $\{O\}$ ), ієрархічні рівні та їх основні функції відповідають сценарію (1C, 1O) [23].

6. При переході від одного до іншого ієрархічного рівня мають місце фрактальність та калібрування інваріантних структур.

7. Оскільки і місто, і живий організм є складними відкритими системами, має місце їх аналогія, і біонічні рішення є доцільними при побудові розумних середовищ.

Розподіл функцій розумного середовища по рівням.

Згідно сценарію (1C, 1O) їх п'ять і вони відповідають відповідним рівням живого організму і людини (фрактальність).

1. Розумне місто у дисипативному середовищі. Для створення інфраструктури розумного міста потрібні доступні, «дармові» ресурси і невідновне середовище може їх забезпечити.

Наведемо аналогію з живими організмами – за найбільш поширеною гіпотезою, життя виникло на дні морів біля термальних джерел, які забезпечували його енергією і речовинами із надр землі, а вода створювала умови для обміну речовин. Ресурсом можуть бути залежи корисних копалин – тоді головним завданням розумного міста буде сприяння більш ефективному, ніж

іншими способами, їх освоєнню.

Ресурсом можуть бути вільні капітали і компетенції – так була започаткована сучасна історія м. Дубай.

Ресурсом може бути прагнення людей до самореалізації, також залучене до розвитку м. Дубай – і у найбільш простому варіанті туризму та шопінгу, і у більш просунутому прагненні мати свій власний острів. І тоді список об'єктів розумного міста збільшується – розумні ексклюзивні музеї, ресторани, готелі, розваги тощо – але їх організація – це знову таки прагматичні і рентабельні задачі.

Нагальна потреба мешканців міста покращити умови свого життя, підкріплена наявністю вільних коштів, може бути основою окремих програм, наприклад, впровадження розумного регулювання руху транспорту, переходу на електричний транспорт, впровадження безпілотних таксі тощо.

Отже, наявність ресурсів плюс прагматичність цілей, «самоокупність» та ефективність розумного міста або окремих розумних технологій у порівнянні з іншими засобами – неодмінні складові, що визначають успішність таких проектів; при невиконанні проект приречений на закриття.

Організація обмінів з навколишнім середовищем передбачає вирішення таких проблем:

- адаптація до змін середовища;

- «нерівноправність» обміну із залученням потрібних ресурсів для розвитку і повертанням ресурсів непотрібних;

- зберігання якості зовнішнього середовища.

Іншими словами, розумне місто є підсистемою по відношенню до зовнішнього



середовища.

Усі перелічені задачі аналогічні тим, що розв'язує живий організм. Так само, як і для організму, існують порогові значення, при яких адаптація стає неможливою; коли вичерпуються залучення корисних ресурсів; коли зовнішнє середовище невідворотно деградує – в усіх цих випадках організм гине.

Відтак, прагматичними задачами розумних технологій є:

- контроль змін зовнішнього середовища, знаходження і реалізація шляхів адаптації та демпфування зовнішніх впливів;

- пошук і залучення потрібних ресурсів, пошук покупців надлишкових і непотрібних ресурсів (відходів), контроль і управління інформаційними, фінансовими, логістичними та іншими потоками обміну;

- контроль якості зовнішнього середовища (наприклад, циклічні зміни температури на протязі доби і року не призводять до перевищення порогів адаптації, тоді як забруднення водних джерел може зробити якість середовища неприйнятною), сприяння пошуку рішення і боротьби за збереження якості середовища.

2. «Гомеостаз» розумного міста, тобто підтримка у комфортних межах параметрів міського середовища передбачає:

- інформаційно-рекламний внесок у створення і пропаганду «обличчя» міста;

- контроль і управління екологічними показниками;

- моніторинг надзвичайних і кризових ситуацій;

- підтримку прийняття рішень і організації боротьби із такими ситуаціями та їх наслідками;

- підтримку законності і безпеки, нейтралізація шкідливих та паразитарних елементів;

- оптимізацію прямих і зворотних зв'язків між громадянами та установами міста;

- підтримку соціальних ліфтів;

- підтримку засобів транспортного (звернемо увагу на безпілотний транспорт [9; 12]) та інклюзивного доступу;

- самодіагностику, відновлення та модернізацію.

Усі перелічені задачі є цілком реальними і відповідають існуючим потребам. Для багатьох із них ефективність застосування розумних технологій є практично доведеною.

Розглянемо можливі біонічні рішення. Найбільш очевидним аналогом інтелектуальних

систем є нервова система, робота якої має декілька суттєвих нюансів. Нервова система складається з центральної та вегетативної систем. Втіленням першої можуть бути автоматизовані і ергатичні системи, системи підтримки прийняття рішень, системи із штучним інтелектом. Вегетативна система має два відділи – симпатичний (відповідає за реакції мобілізації у ситуаціях боротьби або втечі живої істоти) та парасимпатичний (відповідає за реакції відпочинку і поновлення) – і діє автономно, доповнюючи функції центральної нервової системи.

Так само автономно у визначених межах мають діяти перспективні засоби розумного міста. Наприклад, у міста може існувати резерв універсальних безпілотних літальних апаратів (БПЛА). У разі виникнення серйозної пожежі, такі апарати можуть дооснащуватися протипожежним обладнанням роботами (режим мобілізації вмикається автономним аналогом симпатичної нервової системи). У разі необхідності, за рішенням ситуаційного центру (аналог центральної нервової системи), протипожежні БПЛА вводяться в дію, а після ліквідації пожежі, обладнання знімається, апарати відправляються на обслуговування, ремонт і консервацію (режим відпочинку та відновлення вмикається автономним аналогом парасимпатичної нервової системи).

Крім цього, у живих організмах існують ще системи гуморальної регуляції внутрішнього середовища та авторегуляції органів. Дублювання структур прийняття рішень та використання альтернативних каналів зв'язку, що підвищує стійкість системи розумного міста і робить її більш гнучкою, є технічним втіленням цієї властивості організму.

Існує також імунна система; її аналогом є, наприклад, система захисту інформації, зокрема, нейтралізації і видалення шкідливих програмних кодів.

3. Трансформація міського середовища передбачає:

- включення нових просторів, зон і функцій по мірі розвитку міста у систему розумного середовища;

- сприяння реноваційним процесам у ході реконструкції промислових зон, старої забудови тощо;

- плановий демонтаж при ліквідації міста (наприклад, при вичерпанні ресурсів);

- циклічні зміни на протязі доби

(наприклад, генерація різних режимів роботи транспорту вночі, у години пік, у денні години);

- циклічні зміни на протязі року (наприклад, вхід у опалювальний сезон, підтримка опалення у зимовий період, вихід із опалювального сезону, діагностика, ремонт, випробування);

- адаптивні зміни групових та індивідуальних просторів;

- планові оптимізаційні заходи (наприклад, забезпечення інклюзивного доступу, впровадження енергозберігаючих технологій тощо).

Із спостережень за живими організмами слід винести такі правила для організації цього рівня функціонування:

- наявність «вільного потенціалу» як ресурсу для ініціації змін;

- недопущення його використання паразитарнимі та патогенними мікроорганізмами;

- необхідність використання додаткових зовнішніх ресурсів по мірі розвитку змін;

- наявність генетичних програм розвитку, старіння і смерті організму.

Ці особливості мають бути враховані при організації розумного міста. Так, канали зв'язку мають мати резерв пропускну здатності для підключення нових клієнтів, має бути забезпечений їх захист від спаму і тощо. При необхідності переходу обладнання до наступного покоління мають підключатися зовнішні ресурси. Актуальні теми сукупної вартості володіння та життєвого циклу обов'язково мають бути присутніми у проектах.

4. Розподіл розумних засобів у просторі-часі включає:

- ієрархічну побудову системи за рівнями місто-групові простори-сімейні та індивідуальні простори;

- «інваріантність» структур та «калібрування» функцій на кожному із рівнів;

- підтримку життєвого циклу людини;

- можливість поступової реалізації цілісної системи розумного міста.

- інваріантність структур обумовлена як законами функціонування складних систем, так і єдиною елементною базою; що ж калібрування функцій, то це означає:

- для міста – систему засобів та просторів, побудованих на основі певної суспільної парадигми і направлену на забезпечення і оптимізацію безпечних та комфортних умов існування міста у навколишньому середовищі, а також регулювання інтересів, зв'язків і поведінки окремих груп та індивідуумів на основі

інформаційних технологій, штучного інтелекту, засобів обробки даних;

- для групових просторів — систему пристроїв і просторів, побудованих навколо потреб конкретної групи і направлену на забезпечення і оптимізацію безпечних та комфортних умов існування групи у суспільстві та навколишньому середовищі;

- для особистих просторів — концентричну систему речей та просторів (приміщення, квартира, будинок, робоче місце, групові та громадський простори), побудована навколо конкретної особистості і направлену на забезпечення її безпеки, комфорту, розвитку, комунікацій, суспільних відносин, взаємообмінів із навколишнім середовищем при оптимальній витраті ресурсів з урахуванням психотипу, потреб, мотивацій, стадій життєвого циклу, соціального стану.

Підтримка життєвого циклу означає забезпечення інклюзивного і безпечного доступу до програм охорони здоров'я, освіти, духовно-релігійних, культурних, наукового, виробничого, бізнесового середовищ, інформаційно-рекламних ресурсів, дозвілля, розваг та інших можливостей самореалізації та підвищення якості життя, при тих обмеженнях, які випливають із групових та громадських інтересів.

Можливість поступового розвитку системи означає наявність єдиного плану, модульності системи, можливості модернізацій та інновацій. Наприклад, засоби безпеки автомобілю спочатку впроваджувалися для машин елітних класів, а потім, по мірі відпрацювання і здешевлення технологій, переносилися і на масові автомобілі. Так само слід розвивати і розумні технології.

Усі ці задачі розв'язуються і у ході оптимізації міського середовища; усім ним можна підібрати і біологічні аналоги – тобто знову констатуємо їх потрібність і необхідність.

5. Моніторингові та інформаційно-розважальні засоби мають біологічні аналоги, з одного боку, у системі екстеро-, пропріо- та інтероцепторів, а з іншого, у емоціях і почуттях.

Технічні засоби мають наслідувати і певні особливості функціонування своїх аналогів:

- окрім функцій моніторингу середовища та самодіагностики, мати функції відстежування «граничних умов» переходу від безпечного і комфортного режиму у небезпечний і дискомфортний;

- трансляція великих інформаційних потоків із можливістю їх групової та індивідуальної фільтрації;

- генерації позитивних емоцій та релаксацій (з широким використанням технологій розширеної та віртуальної реальності).

Задачі організації розумного міста слід вирішувати у рамках задач оптимізації міського середовища, використовуючи еволюційну та, для вирішення технічних проблем, інноваційну стратегії [17], враховуючи сучасні урбаністичні теорії (Новий урбанізм, Зелене місто тощо). Узгодження розумних технологій із програмами оптимізації полягає у тому, що розумні технології дозволяють покращити моніторинг, контроль, оперативність та обґрунтованість управління, налагодити зворотні зв'язки, покращити координацію та автономність управлінських рівнів, оптимізувати отримання, розподіл, виробництво, утилізацію ресурсів.

Ефективність впровадження розумних технологій має визначатися методом експертного оцінювання. Показники комфортності середовища, критерії оптимізації та методи оцінювання мають відповідати [17]. Загальний принцип такий: впроваджуватись розумні технології мають тоді, коли їх застосування дозволить вирішити життєво важливу проблему ефективніше, ніж за допомогою традиційних засобів, або тоді, коли вирішення такої проблеми без розумних технологій неможливе взагалі

## ЛІТЕРАТУРА

[1] Cardullo P, Di Felicianantonio C., Kitchin R. The Right to the Smart City. Emerald Group Publishing, 2019 г. – 232 p.

[2] Frost & Sullivan Report Predicts 26 New Smart Cities By 2025. URL: <https://www.analyticsinsight.net/frost-sullivan-report-predicts-26-new-smart-cities-by-2025/> (дата звернення: 03.01.2021).

[3] Greenfield A. (2013) Against the smart city (The city is here for you to use) Do projects, 2013.-147 p

[4] Kovalyov Y., Mkhitarian N., Nitsyn A. Self-organization of the human mind and the transition from paleolithic to behavioral modernity. [Manuscript] / Yury N. Kovalyov, Nver. M. Mkhitarian, and Alexander Yu. Nitsyn. IGI Global International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2020. - p.492

[5] Lehmann S. (2010). "Green urbanism: formulating a series of holistic principles". URL: <https://journals.openedition.org/sapiens/1057?file=1> (дата звернення: 13.01.2021).

[6] Jensen E. Response Paper: Why if there are so

## ВИСНОВКИ

Зібрані дані щодо досвіду проектування та експлуатації розумних міст охоплюють весь період їх існування і включають як проекти міст з нуля, так і реалізацію окремих програм у вже існуючих містах. Окрім системного аналізу, здійсненого у публікації, вони можуть бути використані при проведенні різноманітних аналітичних, маркетингових і статистичних досліджень.

Результати SWOT-аналізу переваг і недоліків розумних міст, наведені у таблицях 1 і 2, можуть використовуватися для обґрунтування різноманітних стратегій та концепцій впровадження розумних технологій як у традиційне міське середовище, так і при будівництві розумних міст з нуля.

Запропонована концепція розвитку розумних міст може бути реалізована при вирішенні питання щодо доцільності будівництва такого міста (району, вулиці, будинку тощо) або впровадження окремих технологій, запобігання та виправлення помилок, оцінювання та оптимізації міського середовища.

Перспективи подальших досліджень пов'язані із оцінюванням і аналізом конкретних проектів, уточненням методів оптимізації середовища на основі теорії самоорганізації складних систем, розвитком і уточненням концептуальних принципів та положень.

## REFERENCES

[1] Cardullo P, Di Felicianantonio C., Kitchin R. The Right to the Smart City. Emerald Group Publishing, 2019 г. – 232 p.

[2] Frost & Sullivan Report Predicts 26 New Smart Cities By 2025. URL: <https://www.analyticsinsight.net/frost-sullivan-report-predicts-26-new-smart-cities-by-2025/> (дата звернення: 03.01.2021).

[3] Greenfield A. (2013) Against the smart city (The city is here for you to use) Do projects, 2013.-147 p.

[4] Kovalyov Y., Mkhitarian N., Nitsyn A. Self-organization of the human mind and the transition from paleolithic to behavioral modernity. [Manuscript] / Yury N. Kovalyov, Nver. M. Mkhitarian, and Alexander Yu. Nitsyn. IGI Global International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2020. - p.492

[5] Lehmann S. (2010). "Green urbanism: formulating a series of holistic principles". URL: <https://journals.openedition.org/sapiens/1057?file=1> (дата звернення: 13.01.2021).

[6] Jensen E. Response Paper: Why if there are so many examples of «eco-cities» do we still question their

many examples of «eco-cities» do we still question their feasibility? URL: <https://justjensen.co/why-if-there-are-so-many-examples-of-eco-cities-do-we-still-question-their-feasibility/> (дата звернення: 05.11.2020)

[7] New Songdo City. URL: <https://www.kpf.com/projects/new-songdo-city> (дата звернення: 17.05.2017).

[8] New Urbanism/ URL: <http://www.newurbanism.org> (дата звернення: 03.10.2020).

[9] *Shmelova T.* Optimization of performance of UAVs flights in smart-town / T. Shmelova, V. Lazorenko, O. Burlaka // AVIA-2019: XIV міжнар. наук.-техн. конф., Київ, 19-21 квітня 20179 р. : тези доповідей. – К. : Національний авіаційний університет, 2019. – С. 11.53-11.59

[10] Smart city standards and publications. URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/Smart-Cities-Standards-and-Publication/> (дата звернення: 05.01.2021).

[11] Sustainable cities and communities- ISO 37106 summary Guide. URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/iso-37106-guide/> (дата звернення: 05.01.2021).

[12] Unmanned Aerial Vehicles in Civilian Logistics and Supply Chain Management. Chapter 5 Automated System of Controlling Unmanned Aerial Vehicles Group Flight /Tetiana Shmelova, Dmitriy Bondarev - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. – November, 2019. – P. 167-204

[13] В Эмиратах достраивают главный город будущего. ФОТО, ВИДЕО. URL: <https://novosti-n.org/ukraine/read/134088.html> (дата звернення: 12.04.2020).

[14] *Грабовецкий Б.Е.* Методы экспертных оценок: теория, методология, напрямки використання : монографія / Б. Е. Грабовецкий. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 171 с.

[15] Интеллектуальные города (Умные\_города, Smart\_cities) URL: <http://www.tadviser.ru/index.php> (дата звернення: 12.01.2020).

[16] Кампус Института науки и технологии Масдара. URL: <https://archi.ru/projects/world/6856/kampus-institutu-nauki-i-tehnologii-masdara#slider-12>. (дата звернення: 12.04.2020).

[17] *Ковальов Ю.М., Бадеян Г.В., Плоский В.А.* Інноваційна оптимізація: експериментальний метод удосконалення технологічних систем / Ю.М. Ковальов, Г.В. Бадеян, Плоский В.А. // Прикл. геом. та інж. графіка.-К.: КНУБА, 2001.-Вип.69

[18] *Ковальов Ю.М.* Методика оцінки рекреаційних можливостей парків (на прикладі ботанічного саду імені М.М. Гришка) / Ю.М. Ковалев, І.В. Шинкарчук, В.В. Калашникова //Архітектура та екологія: проблеми міського середовища, 2012.-№7.-С.95-103

[19] *Ковалев Ю.Н.* Решение задач организации

feasibility? URL: <https://justjensen.co/why-if-there-are-so-many-examples-of-eco-cities-do-we-still-question-their-feasibility/> (дата звернення: 05.11.2020)

[7] New Songdo City. URL: <https://www.kpf.com/projects/new-songdo-city> (дата звернення: 17.05.2017).

[8] New Urbanism/ URL: <http://www.newurbanism.org> (дата звернення: 03.10.2020).

[9] *Shmelova T.* Optimization of performance of UAVs flights in smart-town / T. Shmelova, V. Lazorenko, O. Burlaka // AVIA-2019: К. : NAU, 2019. – pp. 11.53-11.59

[10] Smart city standards and publications. URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/Smart-Cities-Standards-and-Publication/> (дата звернення: 05.01.2021).

[11] Sustainable cities and communities- ISO 37106 summary Guide. URL: <https://www.bsigroup.com/en-GB/smart-cities/iso-37106-guide/> (дата звернення: 05.01.2021).

[12] Unmanned Aerial Vehicles in Civilian Logistics and Supply Chain Management. Chapter 5 Automated System of Controlling Unmanned Aerial Vehicles Group Flight /Tetiana Shmelova, Dmitriy Bondarev - International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. – November, 2019. – P. 167-204

[13] The main town of future is build I Emirates/ Foto, Video. URL: <https://novosti-n.org/ukraine/read/134088.html> [In Russian]

[14] *Grabovetsky B.E.* Expert evaluation methods: theory, methodology, useful pathes. – Vinnytsa : VNTU, 2007. – 171 p. [In Ukrainian]

[15] Intellectualnie goroda [Smart\_cities] URL: <http://www.tadviser.ru/index.php> (дата звернення: 12.01.2020). [In Russian]

[16] Kampus Instituta nauki I tehnologiy [Campus of Institute of Science and Teckhnologies of Masdar] URL: <https://archi.ru/projects/world/6856/kampus-institutu-nauki-i-tehnologii-masdara#slider-12>. (дата звернення: 12.04.2020). [In Russian]

[17] *Kovalyov Y. M., Badyan G.V., Plosky V.A.* Innovaciyna optymizaciya: eksperimentalnyy metod udoskonaleny tehnichnyh system [Innovation: eksperimental method of tehnikak systems optimization] / Y. M. Kovalyov, G.V. Badyan, V.A. Plosky // Applied geometry and ing. graphics. -К.: КНУБА, 2001.- 69 [In Ukrainian]

[18] *Kovalyov Y. M.* Metodika ocinki rekreaciynnyh mozlyvostey parkiv [Recreation possibilities of parks evaluation] / Y. M. Kovalyov, I.V. Shinkarchuk, V.V. Kalashnikova //Architecture and Ecology: problems of city environment, 2012.-№7.-pp.95-103 [In Ukrainian]

[19] *Kovalyov Y.N.* Reshenie zadach organizacii komfortnoy sredy obitaniya na osnove teorii samoorganizacii sloznyh system Organization of comfort environment on the theory of complex systems self-

комфортной среды обитания на основе теории самоорганизации сложных систем // Теорія та практика дизайну, 2014.-Вип. 5.-С.52-63

[20] Ковальов Ю.М. Емоційний хай-тек: концепція і реалізація (на прикладі ОКЦНН у м.Ужгороді) / Ю.М. Ковалев, А.О. Савон, А.В. Сліпенька. // Міське середовище – 21 ст. Архітектура. Будівництва. Дизайн: Тези доповідей 2 Міжнародного науково-практичного конгресу, м.Київ, 15-18 березня 2016 р.- К.: ЦП «Компромис», 216. — С.176-178

[21] Ковальов Ю.М., Дроздовська Т.О. Розумне середовище: тенденції, дослідження, оцінювання, навчання // Актуальні проблеми сучасного дизайну. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 23 квітня 2020 р. – Київ, КНУДТ, 2020, т.2.-с.195-201

[22] Методология программы «Зеленые города». Заключительный отчет. 16. Мая.2016 г.-120 с. URL: [www.ebrd.com](http://www.ebrd.com) (дата звернення: 07.04.2017).

[23] Мхитарян Н.М., Бадеян Г.В., Ковалев Ю.Н. Эргономические аспекты сложных систем: монография. / Н.М.Мхитарян, Г.В. Бадеян, Ю.Н.Ковалев. К.: Наукова думка, 2004.-599 с.

[24] 5 самых умных городов мира и технологии, которые они используют. URL: <https://robo-hunter.com/news/5-samih-umnih-gorodov-mira-i-smart-tehnologii-kotorie-oni-ispolzuyt11521> (дата звернення: 12.03.2020).

[25] ТОП-10 «умных городов» мира. URL: [https://www.architime.ru/specarch/top\\_10\\_smart\\_city/smart\\_city.htm](https://www.architime.ru/specarch/top_10_smart_city/smart_city.htm) (дата звернення: 12.01.2019).

organization base] // Design theory and practice, 2014.-. 5.-P.52-63 [In Russian]

[20] Kovalyov Y. M. Emocionnyy hey-tek; koncepciya I realizaciya [Emotional high-teckh: conception and realization] / Y. M. Kovalyov, A.O. Savon, A.V. Slipenka. // City environment – 21 sent.- K., 216. — pp.176-178 [In Ukrainian]

[21] Kovalyov Y.N., Drozdovska T.O. Rozumne seredovyshe: tendencii, doslidjennya, navchannya [Smart environment: tendencies, researchs, evaluation, education] // Actual problems of modern design. K.: KNUDT, 2020, v. 2,- pp.195-201 [In Ukrainian]

[22] Metodologia program Zelenya goroda. Zaklyuchitelny otchet [Green cities progman Metodology. Final rewiew]. 120 p. URL: [www.ebrd.com](http://www.ebrd.com) (дата звернення: 07.04.2017). [In Russian]

[23] Mkhitaryan N.M., Badyan G.V., Kovalyov Y. N. Ergonomicheskie aspekty slojnyh system [Ergonomical aspekts of complex systems] K.: Naukova dumka, 2004.-599 p. [In Russian]

[24] 5 samyh umnih gorodov mira I tehnologii, kotorye oni ispolzuyn [5 the smartest cities in the world and their teckhnologies]. URL: <https://robo-hunter.com/news/5-samih-umnih-gorodov-mira-i-smart-tehnologii-kotorie-oni-ispolzuyt11521> (дата звернення: 12.03.2020). [In Russian]

[25] TOP-10 umnih gorodov mira [Top-10 of world smart cities] URL: [https://www.architime.ru/specarch/top\\_10\\_smart\\_city/smart\\_city.htm](https://www.architime.ru/specarch/top_10_smart_city/smart_city.htm) (дата звернення: 12.01.2019). [In Russian]

## АННОТАЦИЯ

**Ковалев Ю.Н. Анализ опыта организации и обоснование концепции развития умных городов**

В статье проанализированы преимущества и недостатки современных умных городов, а также изложена концепция их развития.

**Цель.** Опыт проектирования, строительства и эксплуатации умных городов, как возведенных с «нуля», так и реализованных в виде внедрения отдельных технологий, дает большой объем данных для системного анализа их преимуществ и недостатков. В свою очередь, результаты такого анализа должны быть учтены при научном обосновании концепции развития умных городов. Целью публикации является представление результатов системного анализа опыта организации smart city и обоснование концепции развития умных городов.

**Методология.** Исследование проведено на основе системного подхода в несколько этапов. Для определения сильных и слабых сторон умных городов относительно внутренних и внешних факторов использован метод SWOT-анализа, результаты которого используются для обоснования концепции

## ABSTRACT

**Kovalyov Y. N. Analysis of experience of the smart cities' organization and substantiation of their development conception**

The article analyzes the advantages and disadvantages of modern smart cities, as well as outlines their development conception.

**Goal.** Experience in the design, construction, and operation of smart cities, both completely new and implemented in the form of particular technologies, provides a large amount of data for systematic analysis of their advantages and disadvantages. In turn, the results of such an analysis should be taken into account in the scientific substantiation of the concept of the development of smart cities. The purpose of the publication is to present the results of a systematic analysis of the smart city organization experience and substantiation of the smart city development conception.

**Methodology.** The study was conducted based on a systematic approach in several stages. To determine the strengths and weaknesses of smart cities concerning internal and external factors, the method of SWOT-analysis

развития разумных городов. За основу такой концепции взято представление о городе, как сложной открытой динамической системе, формализованной с позиций теории самоорганизации сложных систем, а также бионические аналогии функционирования города и живых существ.

**Результаты.** Проанализированы данные, характеризующие параметры умных городов. Выявлены преимущества и недостатки современных умных городов. Установлено, что они носят системный характер и проявляются на всех уровнях организации городской среды. Разработана концепция развития умных городов. Концепция сформулирована в виде пяти общих положений, принципов организации и согласования уровней городской среды, а также двух дополнительных положений, относящихся к методам оценки и оптимизации среды.

**Научная новизна.** На основе системного подхода и теории самоорганизации сложных систем впервые разработана концепция развития умных городов.

**Практическая значимость.** Собранные данные об умных городах могут быть использованы при проведении различных аналитических, маркетинговых и статистических исследований. Результаты SWOT-анализа могут применяться для обоснования концепций и стратегий внедрения разумных технологий как в традиционной городской среде, так и при строительстве умных городов с «нуля».

Предложенная концепция развития умных городов может быть использована при определении целесообразности и цели строительства такого города (района, улицы и т.д.), внедрение отдельных технологий, предотвращения и исправления ошибок, оценки и оптимизации городской среды.

**Ключевые слова:** smart city; системный подход; SWOT-анализ; теория самоорганизации сложных систем; концепция развития умных городов.

is used, the results of which are used to substantiate the conception of smart city development. This conception is based on the idea that the city is a complex open dynamic system, formalized from the standpoint of the theory of self-organization of complex systems, as well as bionic analogies of the functioning of the city and living beings.

**Results.** The data characterizing the parameters of smart cities are analyzed. Their advantages and disadvantages are revealed. It is established that they have a systemic nature and are manifested at all levels of organization of the urban environment. The conception of the development of smart cities is sustained. The conception is formulated in the form of five general provisions, principles of organization and coordination of levels of the urban environment, as well as two additional provisions relating to methods of assessment and optimization of the environment.

**Scientific novelty.** Based on the system approach and the theory of self-organization of complex systems the conception of smart city development is sustained for the first time.

**Practical significance.** The data collected on smart cities can be used in a variety of analytical, marketing, and statistical research. The results of the SWOT-analysis can be used to substantiate the conceptions and strategies for the introduction of smart technologies both in the traditional urban environment and in the construction of completely new smart cities.

The proposed conception of smart city development can be used in determining the feasibility and purpose of building such a city (district, street, etc.), the introduction of certain technologies, prevention and correction of errors, evaluation, and optimization of the urban environment.

**Keywords:** smart city; system approach; SWOT analysis; theory of self-organization of complex systems; the conception of smart cities development.

## AUTHOR`S NOTE:

### **Kovalyov Y. N.**

Doctor of Technical Sciences, Professor. Mykhailo Boichuk Kyiv State Academy of Decorative Applied Arts and Design (Kiev, Ukraine). Head of Industrial Design and Computer Technologies Department

e-mail: yurnk61@ukr.net

orcid: 0000-0001-7433-1310

Areas of Scientific Interests: Geometry Foundations, Mathematical and Geometry Models of Complex Systems, Theory of Multicriterial Complex Systems Optimization, Modeling and Optimization of Human-Machine Systems, Modeling of Decision-Making by Human Operator, Modeling and Optimization of Human-Dwelling-Environment Systems by Psychological Comfort Criteria's, Sociometry and Psychology.

Стаття подана до редакції 24.01.2021р.

Стаття прийнята до друку 24.03.2021р.