

УДК 72.012; 711; 712

## ПРОЕКТУВАННЯ СЕРЕДОВИЩА МІСТА ЯК ОПТИМІЗАЦІЙНА ЗАДАЧА

Ковальов Ю.М., д.т.н.

[yurnk61@ukr.net](mailto:yurnk61@ukr.net), ORCID: 0000-0001-7433-1310

*Київська державна академія декоративно-прикладного мистецтва і дизайну ім. М. Бойчука (Україна)*

Шмельова Т.Ф., д.т.н.

[shmelova@ukr.net](mailto:shmelova@ukr.net), ORCID: 0000-0002-9737-6906

*Національний авіаційний університет (Київ, Україна)*

Босий О.Г., к.і.н.

[bosog@ukr.net](mailto:bosog@ukr.net), ORCID: 0000-0002-7774-8098

*Київська державна академія декоративно-прикладного мистецтва і дизайну ім. М. Бойчука (Україна)*

*Обґрунтовано актуальність теми, мети і задач дослідження, зроблено огляд публікацій. В основній частині розглядаються характеристики міста, які дають підстави визначити міське середовище як складну відкриту систему, що складається із підсистем біонічного та технічного походження, функціонування якої описується великою кількістю неоднорідних та частково неформалізованих параметрів та обмежень. Такі особливості потребують використання хвильової моделі С- простору у якості апарату моделювання середовища і теорії самоорганізації складних систем для розв'язання оптимізаційної задачі. У рамках даної парадигми сформульовано оптимізаційну задачу, визначено мету, показники і критерії оптимальності, ресурси і обмеження, методика оцінювання проміжних і кінцевих результатів, стратегію оптимізації. Спочатку розглядається ієрархія загального, групових та окремих показників, що обумовлено необхідністю узгодженої організації загального, групових та індивідуальних просторів міста. Далі показники групуються за рівнями взаємодії людини із оточуючим простором; в основі цього групування лежить сценарій (ІС, ІО) самоорганізації складних систем, що дозволяє визначати теоретичні значення вагових коефіцієнтів показників. Розглядається склад і наводяться дані про обмеження оптимізації, до яких відносяться діючі нормативні акти, необхідність збереження історичної спадщини, ресурсні обмеження. Ще одним із інструментів оптимізації є специфікації, які визначають основні характеристики комфортних житлових середовищ. Оцінювання результатів оптимізації здійснюється методом експертного оцінювання. Після стандартних процедур анкетування та обробки результатів, відбуваються розрахунки, які впливають із теорії самоорганізації систем. Наводиться послідовність загальної оптимізації, яка складається*

із 10 пунктів. Відзначається, що у окремих випадках доцільним є використання класичних методів оптимізації. Наводиться відповідний приклад. У висновках оцінюється теоретична та практична значимість отриманих результатів та визначаються напрями подальших досліджень.

*Ключові слова:* середовище міста, складна система, хвильова модель С-простору, теорія самоорганізації, багатокритеріальна оптимізація, експертне оцінювання, система підтримки прийняття рішень, БПЛА.

**Постановка проблеми.** Міське є неоднорідною відкритою системою, що містить природні і штучні складові, зони і об'єкти, у яких має місце різноманітна діяльність мешканців усіх верств населення та різних вікових категорій; активно взаємодіє із навколишнім середовищем; оцінюється великою кількістю неоднорідних показників. Такі характеристики, а також різноманітні цілі, які переслідуються при створенні міського середовища, роблять актуальними обґрунтування постановки різних оптимізаційних задач та стратегій оптимізації у ході проектування та реконструкції міст.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження і публікації, присвячені оптимізації середовища міст, можна розділити на такі групи:

1. Удосконалення містобудівних підходів на основі історичного досвіду, аналізу сучасних умов, нормативних вимог та обмежень [1-3];
2. Розробка положень сучасних урбаністичних теорій («Новий урбанізм», «Зелене місто» тощо) [4; 5];
3. Акцентне урахування психологічних факторів [6-8];
4. Активне запровадження смарт-технологій, зокрема штучного інтелекту на основі сучасних аналітико-інформаційних методів, системного аналізу, методів оптимізації та прийняття рішень, даних прийняття рішень, методу експертного оцінювання, теорії ймовірності, математичної статистики, регресійно-кореляційного аналізу, інтелектуальної обробки даних [9].

Подібні дослідження є методологічно неузгодженими; математична складова апарату моделювання вже на аксіоматичному рівні не відповідає властивостям складних відкритих систем; стратегії оптимізації мають окремий характер. Відтак, пропонується здійснювати моделювання та оптимізацію міського середовища на основі хвильової моделі С- простору та теорії самоорганізації складних систем [10; 11] і, в окремих випадках, де це є коректним, на основі традиційного математичного апарату.

**Формулювання цілей статті.** Сформулювати оптимізаційну задачу із урахуванням властивостей міського середовища, включаючи мету, критерії, обмеження оптимізації, послідовність дій, методику оцінювання вихідних даних та результатів, приклад запровадження нових технологій, де можливе використання традиційних методів оптимізації.

**Основна частина.** Метою проектування міського середовища є створення максимально комфортних для усіх мешканців міста умов

проживання.

Для групових (психотипи, соціальні верстви) споживачів пріоритетні цілі створення групових просторів збігаються з умовами комфорту пріоритетних для кожної з груп каналів взаємодії із середовищем.

Аналогічно, для індивідуальних споживачів метою є створення комфортного житла (робочого місця тощо) у відповідності із пріоритетними каналами, потребами і мотиваціями, що впливають із особливостей їх психологічних портретів. З цього випливає необхідність групування показників на загальний, групові та окремі.

Загальним показником є комфортність середовища.

Групові і окремі показники групуються за рівнями сприйняття. Слід мати на увазі, що, оскільки область дії каналів вищого рівня розповсюджується і на нижчі рівні, то і показники вищих рівнів системи мають бути враховані для підсистем та компонентів [10]. Перелічимо ці показники.

Дружність середовища. Відчуття гармонії із духовним світом, природою та людьми, вдачі, здоров'я, сприятливого ходу подій, що сприймаються інтуїтивно, трансформуються у показник дружності середовища. До окремих показників можна віднести: відповідність традиції (релігія, культура, образ життя); відповідність клімату; відповідність природі (рельєф, наявність водних джерел, характер рослинності, чистота тощо); гармонійність системи зон, просторів і забудови середовища; зручність розташування; комунікативність (опції розумного середовища); можливість покращення. Список є відкритим, у залежності від специфіки середовища або окремого об'єкту він може бути доповнений і іншими показниками. Ці показники є найбільш пріоритетними для споглядачів.

Самодостатність середовища. Відчуття самовдоволеності, безпеки, радості, оптимізму, що сприймаються на рівні людського еґо, трансформуються у груповий показник самодостатності середовища.

До окремих показників, до яких можна віднести: експресію і чистоту стилю; виразність на оточуючому фоні; здатність звертати і зупиняти увагу; престижність (місце розташування, стиль, окремі деталі тощо); відповідність статусу споживача; розвинуті засоби безпеки; автономність. Список є відкритим; показники є пріоритетними для еґоїстів.

Трансформованість середовища. Відчуття свободи, переваги, впевненості, можливостей прояву активності, сприйняті на рівні волі та розуму, трансформуються у показник трансформованості середовища. До окремих показників відносяться: максимальну функціональність; здатність до трансформацій; наявність розумної системи регулювання середовища.

Список є відкритим і може бути доповнений і іншими показниками. Показники є пріоритетними для борців.

Об'ємно-просторова довершеність середовища. Відчуття упорядкованості, закономірності, пізнаваності світу, що сприймаються на

рівні здорового глузду, трансформуються у груповий показник об'ємно-просторової довершеності середовища. Окремі показники: функціональну, конструктивну, естетичну, символічну обґрунтованість форм; витриманість пропорцій; антропометричну вивіреність розмірів; ергономічну обґрунтованість меблів і обладнання; масштаб по відношенню до людини, ритм, нюанс, метр; легкість орієнтації (наявність інформаційної системи). Цей список є відкритим; показники є пріоритетними для підприємливих дослідників.

Сенсорний комфорт середовища. Відчуття комфортного рівню сенсорних подразників, сприйняті на рівні рецепторів, трансформуються у груповий показник сенсорного комфорту середовища. До окремих показників відносяться: світло і світлотіньова пластика; колір – гармонійність поєднань, наявність незвичайних поєднань, стимулюючий ефект; тони і фактури матеріалів; термовологісний комфорт; відсутність протягів; акустичний комфорт; захист від сонячної радіації; ароматні запахи; гармонійність інших відчуттів. Список є відкритим; показники найбільш важливі для богемних особистостей.

Відзначимо, що усі групові показники не зводяться до окремих.

Групування показників та їх прив'язка до рівнів сприйняття і, відповідно, соціальних груп, дозволяє уникнути труднощів класичної оптимізації – використання неоднорідних показників та неповнота їх переліків а також прив'язка до цільового споживача, перестають бути проблемами. Наявність формули комфорту [10] дає можливість, при необхідності кількісного оцінювання, обрахувати числові значення показників комфорту.

Як і в задачах класичної оптимізації, усі або частина наведених показників можуть бути використані у якості критеріїв оптимізації.

Обмеження, які діють при проектуванні і будівництві, діляться на нормативні вимоги; вимоги збереження архітектурної та містобудівної спадщини; ресурсні обмеження.

Нормативна база включає Закони України, Постанови Кабінету Міністрів України, Накази міністерств, розпорядження інших регулюючих органів, Державні стандарти України, Державні будівельні норми, Державні санітарні норми, вимоги з екології, ергономіки, безпеки.

Збереження архітектурної та містобудівної спадщини має відповідати Закону України «Про охорону культурної спадщини». Закон передбачає створення переліку об'єктів культурної спадщини, вимоги до їх охорони та експлуатації, структуру і повноваження контрольних органів, права громадськості, порядок дозволу на реконструкцію таких об'єктів, особливості прав власності, співробітництво з ЮНЕСКО, а також відповідальність за порушення норм Закону.

Ресурсні обмеження. У будівництві використовуються різноманітні ресурси, до головних з яких відносяться фінансові, трудові, технічні, а також обсяги тих чи інших матеріалів. Усі вони є обмеженими, і це слід

враховувати при постановці оптимізаційної задачі.

Специфікації. Специфікації визначають основні характеристики комфортних житлових середовищ, згруповані відносно рівнів їх організації, а саме: 1. Відносини із зовнішнім середовищем; 2. Стиль; 3. Функціональність, трансформованою і регульованість параметрів; 4. Об'ємно-планувальні рішення; 5. Сенсорний комфорт.

Оцінювання вихідних даних та результатів оптимізації, зважаючи на складність об'єкту, має здійснюватися методом експертного оцінювання. Після стандартних процедур анкетування та обробки результатів, відбуваються розрахунки, на теорії самоорганізації систем [11].

Є три варіанти налаштування:

А. На людину як таку – використовується загальна оцінка та групові оцінки за дещо спрощеною «формулою комфорту». Без урахування коефіцієнтів сприйняття, вона набуде вигляду:

$$O=1*o_1+0,62*o_2+0,38*o_3+0,24*o_4+0,14*o_{5-6},$$

де  $O$  – загальна оцінка;  $o_1$ - $o_{5-6}$  – групові оцінки для рівнів.

Б. На групових споживачів – використовується системна оцінка. Для її обчислення застосовується та ж формула, але вагові коефіцієнти визначаються, виходячи від переваг того чи іншого психотипу.

В. Якщо оцінюється житло для індивідуального замовника, варто налаштувати «системну оцінку» саме для нього, визначивши вагові коефіцієнти кожного із рівнів за результатами тестування.

Стратегія оптимізації. Загальна послідовність дій.

1. Обираємо загальну планувальну схему міського середовища.

Схема має враховувати структуру суспільства (для створення комфортних умов для окремих психотипів і груп) та припускати реалізацію самоподібності (для реалізації цілісності середовища). Заздалегідь (у відповідності із генеральним планом) проробляємо можливості трансформації середовища, зміни стилістичних та об'ємно-планувальних рішень. Здійснюємо оптимізацію, враховуючи наявні фінансові та інші ресурси, історичну спадщину. Проводимо оцінювання;

2. Плануємо громадський простір і розміщуємо об'єкти загальноміського значення. Обираємо стилістичні та інші рішення, характерні для збалансованих особистостей. Надаємо простору функцій розумного середовища. Здійснюємо оптимізацію. Проводимо оцінювання;

3. Плануємо групові простори, зберігаючи самоподібність із міським середовищем і обираючи рішення, характерні для кожного із психотипів. У залежності від вихідних умов, шукаємо компроміси між існуючою структурою міста і груповими вимогами комфорту. Наприклад, якщо кафе, магазини, школи тощо доцільно розміщувати поблизу місць проживання, підбираючи стилістичні і інші рішення згідно характеристик переважаючих у таких місцях психотипів, то для промислових підприємств (з вимог екологічної безпеки), або сакральних комплексів цей принцип може й не підійти. Проробляємо перспективи розвитку групових

просторів. Надаємо просторам доцільних на цьому рівні функцій розумного середовища Здійснюємо оптимізацію. Проводимо оцінювання;

4. При виборі типів громадських об'єктів у групових просторах і розрахунку їх кількості і експлуатаційних параметрів враховуємо: специфікації, віковий склад груп та специфічні потреби кожної із вікових груп. Здійснюємо оптимізацію. Проводимо оцінювання;

5. Ділимо простори на окремі зони і територіально-планувальні одиниці (мікрорайони, квартали, ансамблі, будинки), зберігаючи самоподібність. Враховуємо можливості розвитку. Надаємо простору специфічних функцій розумного середовища. Здійснюємо оптимізацію. Проводимо оцінювання;

6. Переходимо на наступний рівень – планування житлового простору. Максимально враховуючи особистісні психологічні портрети. Допомагає цьому і та обставина, що за розміщенням, стилем, комфортом, вартістю тощо житловий будинок обирають люди із схожими психологічними портретами і смаками. Зрозуміло, що найзручніше це робити для індивідуальних житлових будинків, таунхаусів та окремих квартир. Передбачаємо прибудинкову інфраструктуру, можливості розвитку, надаємо простору достатніх функцій розумного будинку. Здійснюємо оптимізацію. Проводимо оцінювання;

7. У квартирах передбачаємо (індивідуальних будинках) засоби пом'якшення конфліктів.

8. Плануємо особистий простір – окремі приміщення, їх інтер'єри, предметно-просторове наповнення, передбачаємо розумні речі, можливості дистанційної роботи. Здійснюємо оптимізацію. Проводимо оцінювання;

9. На кожному з рівнів у ході проектування послідовно вирішується наступний ланцюг задач: середовище – стиль – трансформованість – об'ємно-планувальні рішення – забезпечення сенсорного комфорту (кольорові рішення, матеріали, регулювання параметрів середовища тощо).

10. Оптимізація міського транспорту, окремих інженерних мереж тощо має власні цілі і, як правило, вже може здійснюватися класичними методами. Наведемо відповідний приклад.

Використання смарт-технологій дозволяє надати середовищу властивостей динамічності та саморегуляції; розв'язання цих завдань потребує постійного моніторингу, а ефективним засобом цього може бути використання БПЛА (на які, крім основного, покладаються і пошуково-рятувальні завдання; ретрансляція Wi-Fi; рух вантажів та необхідних товарів; оперативні послуги швидкої допомоги тощо). Багато з цих завдань ефективно використовують одиночний чи груповий політ БПЛА; використання групових польотів є більш доцільним.

Для ефективного вирішення цих проблем розроблені системи підтримки прийняття рішень операторів БПЛА. Для управління система використовує такі схеми: оператор - одинарний БПЛА; група операторів - група БПЛА; оператор - центральний дрон-ретранслятор - група БПЛА.

Для управління групою БПЛА запропоновано використовувати центральний ретранслятор CDR, з'єднаний по радіоканалу з наземним оператором для керування іншими БПЛА.

Ефективність представлення використання БПЛА для як розумного міста має деякі проблеми: наявність будівель, доріг, будівництва, зон відпочинку, природні зони тощо. Щоб оцінити безпеку польотів БПЛА у місті, необхідно отримати кількісні значення ризиків польотів на різних територіях міста. Для оцінювання ризиків польоту БПЛА в розумному місті застосовувалися методи експертної оцінки, нечіткої логіки. Для класифікації перешкод у місті були обрані «дозволені», «заборонені», «небезпечні» райони відповідно до аеронавігаційних правил та вимог ІКАО до експлуатації БПЛА в контрольованому просторі та оцінених ризиків [12-14; 15-18]. Наприклад, «зони обмеженого доступу» - це такі райони, де ризик заподіяння шкоди людям високий, «небезпечні райони» - ризик заподіяння шкоди людям дуже високий (табл.1).

Таблиця 1.

## Оцінювання перешкод

Назва перешкоди	Параметр перешкоди	Позначення	Оцінювання перешкод
<i><b>Зони з обмеженим доступом</b></i>			
Будинки	Зона з обмеженим доступом	B-RA	10
Стовпи та дротові комунікації	Зона з обмеженим доступом	C-RA	9
Дерева та природні перешкоди	Зона з обмеженим доступом	N-RA	8
<i><b>Небезпечні зони</b></i>			
Вертикальний буфер	Небезпечна зона	VBA	5
Горизонтальний буфер	Небезпечна зона	HBA	7
<i><b>Шляхи</b></i>			
Зона шляху	Шлях	TA	50
Зона конфлікту шляху	Шлях	TCA	25
Польотна зона	Шлях	FA	1

Для отримання шляхів мінімальної вартості застосовується метод динамічного програмування, відповідно до аеронавігаційних правил та вимог ІКАО до БПЛА в контрольованому просторі [16-18]. На рис. 1 представлено оцінювання фрагменту місцевості (а); визначення шляху мінімальної вартості (б); шлях  $W_1$  мінімального ризику (в) в першому рівні (ешелоні) польоту; та моделювання багаторівневих польотів (г).

Алгоритм визначення мінімальних ризиків польотів БПЛА в розумному місті:

1. GRID - аналіз фрагментів місцевості та оцінка ризиків залежно від типу ділянки («обмежена» або «небезпечна»);
2. Визначення шляху мінімальної вартості  $W_1$  для планування польоту рівня  $L_1$ :

$$W_i(y_i) = y_{i-1}(RA; BA; TA; TCA; FA) + \min(y_i(RA; BA; TA; TCA; FA))$$

3. Позначення шляху  $W_1$  як "небезпечного" на час польоту  $T_1$  для БПЛА1
4. Пошук шляху мінімальної вартості  $W_2$  для БПЛА2 за допомогою для планування польоту на рівні  $L_1$ , та за необхідності переходу на рівень  $L_2$  (рис. 1) [15].

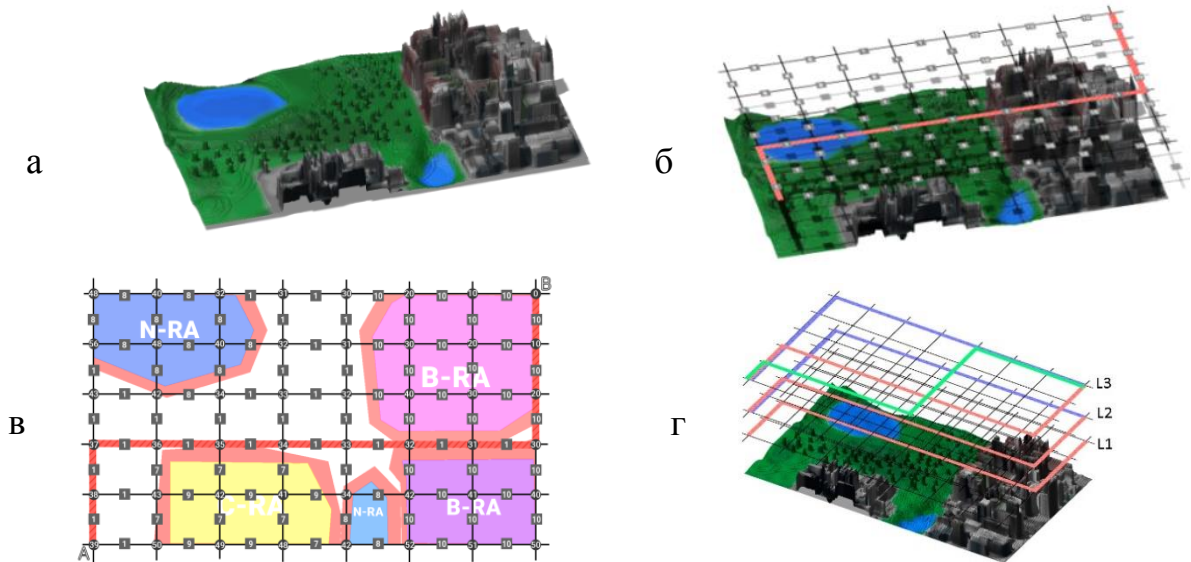


Рис. 1. Оцінювання ризиків польотів БПЛА в розумному місті

Якщо політ виконується групою БПЛА для формування конфігурації групи застосовуються класичні методи оптимізації топологій локальних обчислювальних мереж та методи геометричного моделювання (рис. 2).

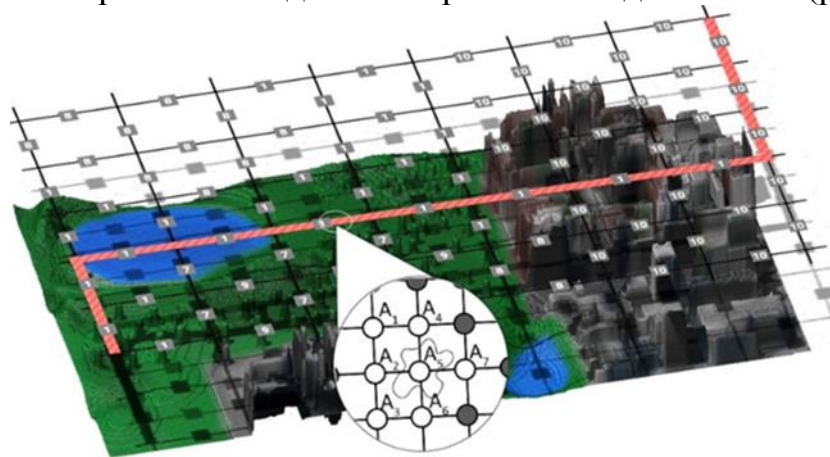


Рис. 2. Моделювання групового польоту БПЛА в розумному місті

Метод геометричного моделювання заснований на інтерпретації взаємного розташування БПЛА на місцевості з урахуванням заборонених зон та інших обмежуючих факторів, таких як модель дискретної мережі (DNM) з'єднаної поверхні, побудованої на даному контурі, топологічні, позиційні та метричні властивості яких визначаються умовами задачі та обмежуючими факторами.

Для планування і виконання міжміських польотів БПЛА розроблено



систему підтримки прийняття рішень (СППР) оператора БПЛА. Основними завданнями СППР оператора БПЛА є:

1. Планування локалізацій безпілотних авіаційних станцій (БАС) за наявності цільових завдань та розташування областей польотів
2. Визначення оптимальних маршрутів БПЛА для виконання цільових завдань і виконання міжміських польотів
3. Моделювання прийняття рішень в умовах невизначеності, оптимальний аеродром посадки у разі виникнення аварійної ситуації.

На рис. 3 наведено приклад побудови траси з мінімальними ризиками з урахуванням присутності зон польоту “Дозволено”, “Обмежено” та “Небезпечно”, маршрут БПЛА «Біла Церква ( $A_1$ ) -Конотоп ( $A_2$ )».

Альтернативні аеродроми/місця посадки: Березань ( $A_{c1}$ ); Васильків ( $A_{c2}$ ); Ніжин ( $A_{c3}$ ); Прилуки ( $A_{c4}$ ) у разі виникнення аварійної ситуації.

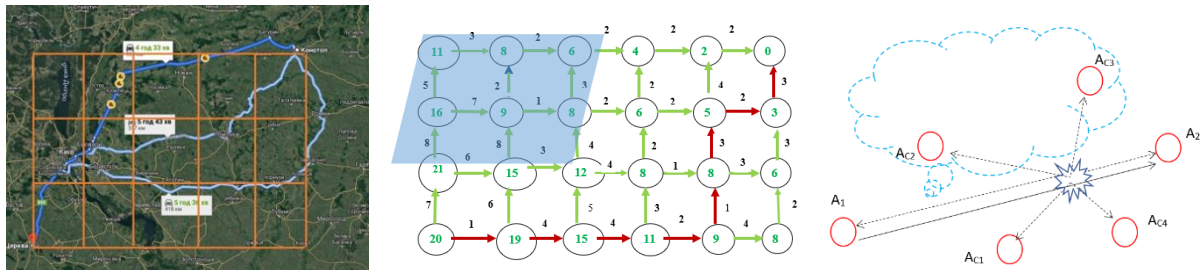


Рис. 3. Моделювання польотів за маршрутом «Біла Церква-Конотоп».

На прийняття рішень впливають: метеорологічні умови на аеродромах посадки/місцях посадки ( $\lambda_1$ ); технічні характеристики  $A_{c1} - A_{c4}$  ( $\lambda_2$ ); наявність палива / енергії на борту БПЛА ( $\lambda_3$ ); відстань БПЛА від  $A_{c1} - A_{c4}$  ( $\lambda_4$ ); надійність ліній С2 для з'єднання з БПЛА ( $\lambda_5$ ); можливість зв'язку з авіадиспетчером; інші фактори (логістичні та суб'єктивні пріоритети тощо) ( $\lambda_7$ ). При зміні умов виконання польоту БПЛА (втрата зв'язку С2) визначені оптимальні аеродроми / місця посадки за допомогою критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності Вальда та Лапласа: Ніжин ( $A_{c3}$ ) чи Прилуки ( $A_{c4}$ ). За критерієм Лапласа, який як правило використовується у разі регулярних польотів отримуємо додаткове місце посадки – Березань ( $A_{c1}$ ) [7]. Оптимальні результати представлені в табл. 2.

Таблиця 2.

Визначення оптимальних аеродроми / місця посадки

		$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$	W	L
$A_1$	Bila Tserkva	9	2	5	8	0	3	9	0,0	0,7
$A_2$	Konotop	3	5	7	9	2	4	9	2,0	0,8
$A_{c1}$	Berezan'	2	8	8	9	2	4	10	2,0	0,9
$A_{c2}$	Vasylkiv	7	1	8	7	1	7	7	1,0	0,8
$A_{c3}$	Nizhyn	6	4	8	6	6	5	8	4,0	0,9
$A_{c4}$	Pryluky	4	8	9	8	4	6	6	4,0	0,9

**Висновки.** Визначення середовища міста як складної відкритої системи із неоднорідними параметрами дозволило обрати апарат моделювання та оптимізації, в основі якого лежать хвильова модель С-простору та теорія самоорганізації складних систем. Визначено обмеження і специфікації, наведено послідовність розв'язання загальної оптимізаційної задачі. Наведено також приклад, коли оптимізацію доцільно проводити із застосуванням класичних методів.

Використання апарату загальної та окремої оптимізації має переваги при плануванні і реконструкції міського середовища; у перспективі планується розрахувати більшу кількість відповідних прикладів.

### *Література*

1. Малік Т.В. Дизайн середовища: витoki, типологія, основи теорії. Навчальний посібник. К.: «СПД Павленко», 2012. 112 с.
2. Мартинюк А.М. Проблеми функціонування різних типів історичного середовища, яке склалося у сучаснім місті. М.: ВНИИТАГ. 1990. №6. 66 с.
3. Товбич В.В., Сисойлов М.В. Архітектура: мистецтво та наука. [Монографія]. Т.1. Становлення та розвиток процесів і явищ архітектури. Дніпропетровськ: Свідлер, 2007. 1020 с.
4. Lemann S. (2010). "Green urbanism: formulating a series of holistic principles". S.A.P.I.EN.S. 3 (2) (<http://sapiens.revues.org/1057>)
5. Методология программы «Зеленые города». Заключительный отчет. 16. Мая.2016 г. 120 с., [www.ebrd.com](http://www.ebrd.com)
6. Забельшанский Г. Б., Минервин Г.Б., Раппапорт А.Г., Сомов Г.Ю. Архитектура и эмоциональный мир человека. М.: Стройиздат, 1985, 208 с.
7. Черноушек М. Психология жизненной среды. М.: Мысль, 1989. 174 с.
8. Щурова В.А. Закономірності сприйняття колористики міського середовища. *Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель*. Спец. Вип. К.: КиївЗНДІЕП, 2008. С.161–165.
9. Greenfield A. (2013) Against the smart city (The city is here for you to use) Do projects.147 p.
10. Ковальов Ю.М. Людина–житло–середовище: розрахунок параметрів комфорту та управління ними. *Прикл. геом. та інж. граф.* 2003. Вип. 73. С. 57–65.
11. Ковальов Ю.М., Шинкарчук І.В., Калашникова В.В. Методика оцінки рекреаційних можливостей парків (на прикладі ботанічного саду імені М.М. Гришка). *Архітектура та екологія: проблеми міського середовища*, 2012. №7. С. 95–103
12. Shmelova, T., Sterenharz, A., & Burlaka, O. (2019). Optimization of flows and flexible redistribution of autonomous UAV routes in multilevel airspace. In CEUR Vol 2805 Workshop Proceedings (Vol. 2393, pp. 704–715). CEUR-WS.

13. Shmelova, T., & Burlaka, O. (2020). Integration of decision-making models for decision support system of UAVs operator in emergencies. In CEUR Vol 2805 Workshop Proceedings (Vol. 2711, pp. 529–542). CEUR-WS
14. Shmelova, T., Kovalyov, Y. N., Dolgikh, S., & Burlaka, O. Geometry-Modeling Based Flight Optimization for Autonomous Groups of UAVs. In 2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments, APUAVD 2019 - Proceedings , 2019, pp. 79–82
15. Tetiana Shmelova, Dmitriy Bondarev. Unmanned Aerial Vehicles in Civilian Logistics and Supply Chain Management. Chapter 5 Automated System of Controlling Unmanned Aerial Vehicles Group Flight. International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania. November, 2019. P. 167-204
16. Shmelova T., Lazorenko V., Burlaka O. Methods and Applications of Geospatial Technology in Sustainable Urbanism. Chapter 15: Unmanned Aerial Vehicles for Smart Cities: Estimations of Urban Locality for Optimization Flights. USA, Pennsylvania, 2021. P. 444-477
17. Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС) / Doc. 10019/AN 507. Канада, Монреаль: ICAO, 2015. 190 с.
18. Беспилотные авиационные системы (БАС). Circ. ICAO 328-AN/190. Канада, Монреаль: ICAO, 2011. 66 с.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КАК ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ЗАДАЧА**

Ковалев Ю.Н., Шмелева Т.Ф., Босый А.Г.

*В работе обоснована актуальность темы, цели и задачи исследования, сделан обзор публикаций. В основной части рассматриваются характеристики города, которые дают основания определить городскую среду как сложную открытую систему, состоящую из подсистем бионического и технического происхождения, функционирование которой описывается большим количеством неоднородных и частично неформализуемых параметров и ограничений. Такие особенности требуют использования волновой модели С-пространства в качестве аппарата моделирования среды и теории самоорганизации сложных систем для решения оптимизационной задачи. В рамках данной парадигмы сформулирована оптимизационная задача, определены цели, показатели и критерии оптимальности, ресурсы и ограничения, методика оценки промежуточных и конечных результатов, стратегия оптимизации. Сначала рассматривается иерархия общего, групповых и отдельных показателей, что обусловлено необходимостью согласованной организации общего, групповых и индивидуальных*

*пространств города. Далее показатели группируются по уровням взаимодействия человека с окружающим пространством; в основе группировки лежит сценарий (1С, 1О) самоорганизации сложных систем, что позволяет определять теоретические значения весовых коэффициентов показателей. Рассматривается состав и приводятся данные об ограничениях, к которым относятся действующие нормативные акты, необходимость сохранения исторического наследия, ресурсные ограничения. Еще одним инструментом оптимизации являются спецификации, которые определяют основные характеристики комфортных жилых сред. Оценка результатов оптимизации осуществляется методом экспертного оценивания. После стандартных процедур анкетирования и обработки результатов, производятся расчеты, вытекающие из теории самоорганизации систем. Приводится последовательность общей оптимизации из 10 пунктов. Отмечается, что в отдельных случаях целесообразно использование классических методов оптимизации. Приводится соответствующий пример. В выводах оценивается теоретическая и практическая значимость полученных результатов и определяются направления дальнейших исследований.*

*Ключевые слова: среда города, сложная система, волновая модель C-пространства, теория самоорганизации, многокритериальная оптимизация, экспертная оценка, система поддержки принятия решений, БПЛА.*

## **URBAN ENVIRONMENT DESIGNING AS AN OPTIMIZATION PROBLEM**

Yury Kovalyov, Tetiana Shmelova, Oleksandr Bosiy

*The work substantiates the relevance of the topic, goals and objectives of the study, reviews the publications. In the main part, the characteristics of the city are considered, which give grounds to define the urban environment as a complex open system consisting of subsystems of bionic and technical origin, the functioning of which is described by a large number of heterogeneous and partially non-formalized parameters and restrictions. Such features require the use of the C-space wave model as an apparatus for modeling the environment and the theory of self-organization of complex systems for solving the optimization problem. Within the framework of this paradigm, an optimization problem is formulated, goals, indicators and criteria of optimality, resources and limitations, a methodology for assessing intermediate and final results, and an optimization strategy are defined. First, the hierarchy of general, group and individual indicators is considered, which is due to the need for a coordinated organization of the general, group and individual spaces of the city. Further, the*

*indicators are grouped according to the levels of human interaction with the surrounding spaces; the grouping is based on the scenario (1S, 1O) of self-organization of complex systems, which makes it possible to determine the theoretical values of the weighting coefficients of indicators. The composition is considered and data on the restrictions are given, which include the current regulations, the need to preserve the historical heritage, resource restrictions. Another optimization tool is specifications that define the main characteristics of comfortable living environments. The optimization results are evaluated by the method of expert evaluation. After the standard procedures of questioning and processing the results, calculations are made that follow from the theory of self-organization of systems. A 10-point general optimization sequence is given. It is noted that in some cases it is advisable to use classical optimization methods. An example is given. The conclusions assess the theoretical and practical significance of the results obtained and determine the directions for further research.*

*Key words: city environment, complex system, C-space wave model, self-organization theory, multicriteria optimization, expert assessment, decision support system, UAV.*

### **References**

1. Malik T.V. (2012) Environment design: origins, typology, fundamentals of the theory. Navchal'nij posibnik. K.: «SPD Pavlenko», [in English]
2. Martinyuk A.M. (1990) Problems of functioning of different types of historical environment, which has developed in modern city. M.: VNIITAG. 6. [in Ukrainian]
3. Tovbich V.V., Sisojlov M.V. (2007) Architecture: art and science. [Monograph]. (Vol. 1) Formation and development of processes and phenomena of architecture. Dnipropetrovs'k: Svidler, [in Ukrainian]
4. Lemann S. (2010). "Green urbanism: formulating a series of holistic principles". S.A.P.I.EN.S. 3 (2) (<http://sapiens.revues.org/1057>)
5. Green Cities methodology. Final report. 16. Maya.2016 g. 120 s., [www.ebrd.com](http://www.ebrd.com)
6. Zabel'shanskij G. B., Minervin G.B., Rappaport A.G., Somov G.YU. (1985) Architecture and the emotional world of man. M.: Strojizdat, [in Russian]
7. CHernoushek M. (1989) The psychology of life. M.: Mysl'. [in Russian]
8. SHCHurova V.A. (2008) Promising directions of design of residential and public buildings. Perspektivni napryamki proektuvannya zhitlovih ta gromads'kih budivel'. Spec. Vip. K.: KiivZNDIEP, [in Ukrainian]
9. Greenfield A. (2013) Against the smart city (The city is here for you to use) Do projects.147 p. [in English]
10. Koval'ov YU.M. (2003) Man-housing–environment: calculation of comfort and management parameters. Prikl. geom. ta inzh. Graf, 73, 57–65. [in

Ukrainian]

11. Koval'ov YU.M., SHinkarchuk I.V., Kalashnikova V.V. (2012) Methodology of estimation of recreational opportunities of parks (on the example of the Botanical Garden named after M.M. Grishka). *Arhitektura ta ekologiya: problemi mis'kogo seredovishcha*, 7, 95–103 [in Ukrainian]
12. Shmelova, T., Sterenharz, A., & Burlaka, O. (2019). Optimization of flows and flexible redistribution of autonomous UAV routes in multilevel airspace. In *CEUR Vol 2805 Workshop Proceedings (Vol. 2393, pp. 704–715)*. CEUR-WS. [in English]
13. Shmelova, T., & Burlaka, O. (2020). Integration of decision-making models for decision support system of UAVs operator in emergencies. In *CEUR Vol 2805 Workshop Proceedings (Vol. 2711, pp. 529–542)*. CEUR-WS [in English]
14. Shmelova, T., Kovalyov, Y. N., Dolgikh, S., & Burlaka, O. (2019) Geometry-Modeling Based Flight Optimization for Autonomous Groups of UAVs. In *2019 IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments, APUAVD 2019 - Proceedings*, 79–82 [in English]
15. Tetiana Shmelova, Dmitriy Bondarev. (2019) Unmanned Aerial Vehicles in Civilian Logistics and Supply Chain Management. Chapter 5 Automated System of Controlling Unmanned Aerial Vehicles Group Flight. *International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania*. November, 167-204 [in English]
16. Shmelova T., Lazorenko V., Burlaka O. (2021) Methods and Applications of Geospatial Technology in Sustainable Urbanism. Chapter 15: Unmanned Aerial Vehicles for Smart Cities: Estimations of Urban Locality for Optimization Flights. *USA, Pennsylvania*, 444-477 [in English]
17. Manoeoning on the distance of pydotyruyemymy avacyonnyh systems (DPAS) (2015) / Doc. 10019/AN 507. Kanada, Monreal': ICAO, [in Russian]
18. Unmanned aerial systems (BAS). (2011) Circ. ISAO 328-AN/190. Kanada, Monreal': ISAO, [in Russian]