

Ковальов Ю.М., д-р техн. наук, проф., Панченко О.М., Башта О.Т., канд. техн. наук, доц., Джурик О.В., доц.

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЖИТЛА ДЛЯ РОЗПОДІЛУ МАТЕРІАЛЬНИХ І ФІНАНСОВИХ РЕСУРСІВ

*Національний авіаційний університет, Україна
Державне управління справами при Секретаріаті Президента України*

Постановка задачі. Установлення кореляції системи оцінювання якості житла (СОЯЖ) [3] із прийнятими моделями оптимізації, параметрами та критеріями, пов'язаними із економічними факторами, зробить доцільним її застосування на різних етапах проектування і будівництва, дозволяючи оперативно визначати ефективність тих чи інших рішень.

Аналіз останніх наукових досліджень. Формалізація взаємодій людини з оточуючим середовищем з позицій теорії самоорганізації складних систем розглянута в [1]. В [2,3] цей підхід використано для визначення умов комфорту людини. В [3,4] розглянуто практичну реалізацію об'ємно-планувальних, конструктивних та дизайнерських рішень, а також перспективи розвитку будівельних технологій у рамках концепції «динамічного житла». Виконано також різноманітні дослідження, присвячені тим чи іншим окремим аспектам взаємодій у системі «людина – житло – середовище». Зокрема, у [5,6] наводяться ергономічні показники та описується їх застосування у дизайні обладнання і середовища.

Формулювання цілей статті. Визначити можливості застосування СОЯЖ для оптимізації розподілу матеріальних і фінансових ресурсів.

Основна частина. *СОЯЖ в задачах оптимізації системи «людина – житло – середовище».* Задача багатокритеріальної оптимізації з неоднорідними критеріями неодмінно супроводжує створення якісних систем «людина – житло – середовище». У класичній постановці [7] умови, які визначають властивості об'єкту (аргументи оптимізації), задаються у вигляді $x = \{x_i\}_{i=1}^n \in X$, де X – підмножина евклідового простору E^n , $n \geq 1$. Кожна з властивостей описується змінною y , яка характеризує якість об'єкту відносно цієї властивості. Показники y_1, y_2, \dots, y_s – критерії якості – складають вектор $y = \{y_k\}_{k=1}^s$. Математичною моделлю об'єкту є цільова функція $y = f(x)$; задача оптимізації полягає в знаходженні такого сполучення x_i з X , при якому цільова функція набуває екстремального значення. Розрізняють задачі безумовної оптимізації, коли екстремум шукається по всій області X , та умовної оптимізації, коли вводиться система обмежень, заданих рівняннями та нерівностями; можливості покращення рішення за всіма критеріями, або за деякими (область компромісів, оптимальність за Парето) і т.д.

Оскільки для реальних задач можливості застосування аналітичних методів є обмеженими [2], для пошуку екстремуму використовуються, здебільшого, чисельні методи.

У ході розв'язання виникають проблеми двох типів.

1. *Концептуальні*: постановка оптимізаційної задачі в описаній формі є коректною тоді, коли властивості простору, множин і функціональних залежностей, як складових частин апарату моделювання, відповідають якостям складних систем. У випадку систем «людина – житло – середовище» це не відповідає дійсності. Так, система характеризується як відкрита, неоднорідна, із змінною кількістю параметрів на різних етапах проектування; ці параметри є незрівняними ні за своїми функціями, ні за одиницями виміру. В той же час простір параметрів у класичній постановці є однорідним, ізотропним, з фіксованою цілою розмірністю. Компоненти системи неадитивні і не зводяться до переліку елементів, тоді як класичні множини мають протилежні властивості. Також і елементи системи демонструють складну структуру, змінність, взаємозалежність, на відміну від простих, незмінних і незалежних елементів класичних множин. Якщо порівняти взаємодії, знову можна констатувати відмінність і навіть протилежність властивостей у порівнянні з класичною теорією. Звідси видно, що у випадках, коли системні фактори проявляються в повній мірі, класичний апарат стає неадекватним властивостям систем.

2. *Технічні*: коректне визначення кількості і ваги аргументів і критеріїв оптимізації та обмежень; приведення їх до безрозмірної форми; обґрунтування відкидання другорядних параметрів; визначення розмірності і метрики простору. Через труднощі пошуку екстремумів цільової функції, використовуються методи апроксимації та інтерполяції, які загострюють проблему збіжності і доповнюють перелік обмежень. Ці труднощі практично унеможливають оптимізацію системи, яка описується великою кількістю різнорідних параметрів.

Відтак, постає питання про пошук інших стратегій оптимізації. Одним із можливих рішень є застосування еволюційного підходу, ґрунтованого на теорії самоорганізації складних систем. Згідно [1], його сутність полягає у наступному.

А. Кількість параметрів, розмірність простору змінюються в ході самоорганізації, сценарій якої визначають зовнішні умови. Для їх підрахунку досить задати потрібну кількість кроків і скористатись відповідними передбаченнями;

Б. Проблема обмежень зводиться до калібрування моделі – процедури прив'язки умовних значень параметрів до фізичних одиниць виміру і діапазонів нормативних значень;

В. Умови цілісності моделі є формальним вираженням цілі оптимізації; оскільки ціль є явно вираженою, кількість варіантів проектних рішень, які потрібно розробляти і порівнювати, скорочується. При цьому окремі цільові функції виражатимуть відхилення висунутих варіантів рішень від

«ідеальної» моделі для кожного з рівнів організації. Вагові коефіцієнти окремих функцій визначаються, виходячи з місця кожного з елементів і рівнів в загальній організації системи. Узагальнена цільова функція виражатиметься комбінацією окремих цільових функцій; найкраще рішення відповідатиме її мінімуму.

Таким чином обходяться концептуальні ускладнення, а, оскільки кількість проектних варіантів, що розглядаються, скорочується, існує можливість їх порівняння шляхом прямого обчислення цільових функцій, що дає можливість уникнути і технічних труднощів розв'язання задачі на пошук екстремуму.

Реалізація цієї стратегії потребує зміни порядку проектування, тобто формування системи «людина – житло – середовище» «зверху вниз», від системи до компонентів, коли умови цілісності системи не тільки визначають вимоги об'ємно-планувальних і дизайнерських рішень, але й формують перелік і критеріїв оптимізації та визначають їх вагу.

Неважко помітити відповідність цього підходу до принципів формування СОЯЖ [3]. Відтак, стає зрозумілою роль СОЯЖ у процесі оптимізації системи «людина – житло – середовище», а саме:

- на різних етапах дизайн-проектування – уточнення переліку стадій проектування («вписування» в навколишнє середовище; забезпечення самодостатності житла; визначення загального компонування і складу приміщень; визначення пропорцій і розмірів; обґрунтування колористичних та інших рішень), їх змісту і цілей, узгодження окремих проектів (у часі; за важливістю тощо);
- оцінка якості проектних рішень, окремих рівнів, системи в цілому та визначення «слабких місць» системи;
- визначення можливих заходів щодо удосконалення проектних рішень або системи в цілому.

Розглянемо, як практично реалізуються еволюційні принципи оптимізації для різних стадій розв'язання оптимізаційних задач.

1. Визначення організації системи «людина – житло – середовище». Ціллю оптимізації є побудова якісного житла. Якість оцінюється за комунікаційними, екологічними, естетичними, психологічними, фізіологічними, ергономічними, гігієнічними та іншими показниками.

А. Згідно [3], уточнюється склад і зміст цих показників. Він визначає кількість аргументів оптимізації $x = \{x_i\}_{i=1}^n$;

Б. Проводиться групування x_i за рівнями. Це дозволяє визначити кількість етапів проектування і уточнити кількість n аргументів, виходячи з прогнозованої для кожного з рівнів;

В. Виходячи з вихідних даних про призначення і параметри житла, а також зовнішні фактори, визначається сценарій самоорганізації;

Г. Групи і порядки симетрій, а також розмірність S - простору уточнюються в ході самоорганізації;

Д. Розподіл потенціалів та інших характеристик розраховується і виражається, з точністю до калібрувальних інваріантів, у вигляді моделі організації житла. Ця модель є формальним виразом цілі оптимізації як для окремих етапів проектування, так і для проекту в цілому.

2. *Визначення обмежень.* Припустимі значення параметрів повинні знаходитися в межах, при виході за які стає неможливим ефективне функціонування житла. Ця вимога інтерпретується як вихід за межі саморегуляції, що дозволяє розрахувати обмеження при неповних або неточних даних. Калібрування проводяться, виходячи із нормативних значень.

3. *Визначення цільових функцій.* Необхідність узгодження рішень, розрахованих за різними показниками, призводить до виникнення різноманітних варіантів компромісів, оцінки яких формалізуються як цільові функції, що відбивають відхилення варіантів від цілі проектування. Вагові коефіцієнти відхилень приймаються пропорційними відносним значенням потенціалів їх рівнів, тобто ранжируються за [3]. Найкращим буде варіант, який мінімально відхиляється від цілі оптимізації згідно пункту Д.

Окремим етапам проектування відповідають власні цільові функції.

Приклади використання КСОЯЖ при розв'язанні оптимізаційних задач, що виникають у ході проектування і будівництва житла.

Задача 1. *Оцінка оптимальності організаційних структур.* Задачі такого типу виникають при потребі у удосконаленні структур будівельних організацій, окремих технологічних систем, у ході розробки проектів організації будівництва та виконання робіт.

В цьому контексті, задача удосконалювання має інваріантну природу і розуміється як динамічна трансформація структур і функцій відповідно до зміни цільової функції системи. Реально враховуються обмеження організації, а також функцій і можливих перетворень системи. Практично були випробувані різні стратегії удосконалення, які тяжіють до двох типів – забезпечення високої організованості (при низькій адаптивності), або високої адаптивності за рахунок стабільності організації.

Подолання цього протиріччя слід шукати в рамках холістичного підходу. Відповідно до загальної теорії систем, система оптимально функціонує в умовах, що змінюються, якщо вона є відкритою, цілісною, організованою. При цьому модульність і функціональна автономність системи в цілому та її підсистем є наслідком цілісності й організації; універсалізація функцій – ізоморфізму організації, здатність до динамічної мобілізації – відкритості і цілісності, прогнозованість розвитку і керованість інформаційних потоків – самоорганізації і саморегуляції. Під оптимізацією розуміється створення системи, яка реагує на зміну зовнішніх умов зміною параметрів і функцій підсистем при незмінності організації, тобто в межах саморегуляції. Такий підхід був застосований Г.В. Бадеяном [1] для моделювання і оптимізації технологічної системи монолітного каркасного висотного житлового будівництва. Було запропоновано аналітико-евристичний метод оцінювання системи. При цьому для експертного опитування про-

понувався наступний набір показників: *ефективність* (відповідність цільовій функції), *керованість* (ступінь організованості), *технологічність* (відповідно до визначення в роботі), *якість* (відповідність проектним вимогам), *продуктивність* (обсяг випуску продукції в одиницю часу). З цим переліком можна погодитись. Надалі ж пропонувалася *адитивна* шкала оцінювання, яка не враховувала неоднорідності на незвідності окремих показників, а також їх різну вагу у оцінці системи в цілому. Тому така шкала має бути удосконалена.

Використаємо для цього СОЯЖ.

1. Розподіл показників по рівням: ефективність – 2 рівень; керованість – 3 рівень; технологічність – 4 рівень; якість – 5 рівень; продуктивність – 6 рівень.

2. Бальні оцінки: для ефективності – 760-1230 балів; для керованості – 210-340 балів; для технологічності – 58-94 бали; для якості – 16-26 балів; для продуктивності – 6-10 балів.

3. Для обробки та представлення результатів опитування застосовуються стандартні статистичні процедури та гістограми.

Задача 2. Оцінка ефективності розподілу фінансових ресурсів є складною задачею, що включає, зокрема, визначення економічності архітектурно-дизайнерських і конструктивних рішень, а також раціональності розподілу матеріальних ресурсів у процесі експлуатації. Введемо спрощену оцінку вартості S :

$$S = S_s + S_e(t) + S_a(t), \quad (1)$$

де S_s – ринкова вартість житла;

$S_e(t)$ – експлуатаційні витрати за час t ;

$S_a(t)$ – витрати на ліквідацію наслідків аварій, при природній умові $t \leq T$, де T – період експлуатації системи.

У свою чергу, витрати S_s включають

$$S_s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4, \quad (2)$$

де s_1 – вартість землі;

s_2 – витрати на проектування;

s_3 – витрати на будівництво;

s_4 – вартість житла як похідна від його споживчих якостей плюс норма прибутку будівельної організації.

Ряд факторів, що впливають на повну вартість житла, має у значній мірі непередбачуваний характер (ліквідація наслідків стихійних лих та аварій, коливання ринкової кон'юнктури); можливі також непоправні втрати, наприклад, при катастрофах, що спричинили людські жертви. Звідси впливає, що повна вартість може бути підрахована лише в тих випадках, коли є масовий і завершений досвід експлуатації. Також не завжди може бути визначена міра економічної ефективності. Таким чином, КСОЯЖ доцільно застосовувати для оцінки складових частин S_s .

1. Оцінка вартості землі відноситься до першого рівня. Заходами, які збільшують вартість ділянки є різноманітні заходи меліорації, озеленення, проведення під'їзних шляхів, прокладанні комунікацій тощо. Вертикальне планування з покращенням рельєфу, ліквідація звалищ, малоцінних споруд і т.п. – теж приклади заходів, які позитивно впливають на якості ділянки. Більш конкретно ці заходи будуть розглянуті в наступному розділі. Їх ефективність може бути оцінена за простою формулою:

$$E = O_k - O_n / S_k - S_n, \quad (3)$$

де O_k та O_n – кінцева та початкова оцінка землі в балах,

S_k та S_n – кінцева та початкова вартість ділянки.

Крім того, мають виконуватися наступні обмеження:

$$O \leq 4450 * k_3$$

$$O_n \geq 2750 * k_3,$$

де k_3 – визначений експертами коефіцієнт, що встановлює вагу «фактора землі» у загальній оцінці рівня 1.

Таким чином, *ефективність виражається кількістю балів на одиницю вартості.*

2. Застосування КСОЯЖ впливає на вартість проектування опосередковано, через зменшення кількості варіантів, що розглядаються, більшу цілеспрямованість пошуку проектних рішень, а відтак і зменшення часу проектування, що виражається у зменшенні накладних витрат та витрат на заробітну плату. Відповідний ефект може бути підраховано, якщо є можливість порівняння з виконанням проектних робіт аналогічної складності. Він виражається як різниця між витратами по поточному проектуванню і проектуванням аналогу.

3. Аналогічно можна оцінити зменшення вартості будівництва. Ще один фактор, який проявляється на цьому рівні – використання інноваційних рішень – буде оцінено окремо.

4. Та частина витрат, яка безпосередньо направлена на підвищення споживчих якостей житла, оцінюється за (3). При цьому порівняння ефективності проектних рішень як у межах одного, так і кількох рівнів, дає корисну інформацію щодо оптимізації проекту при обмежених фінансових ресурсах: оптимальним буде використання тих рішень, які при невеликій вартості дають найбільший внесок у загальну оцінку рівня або об'єкту в цілому. Приклади такої оптимізації наводяться у наступному розділі.

Задача 3. Оцінка ефективності інноваційних заходів у процесі будівництва. Згідно [1], стан технологічної системи описується як

$$TS = (\alpha_2 l_2, \alpha_3 l_3, \alpha_4 l_4, \alpha_5 l_5, \alpha_6 l_6), \quad (4)$$

де TS – функція стану технологічної системи;

l_i – функція стану i -го рівня організації;

α_i – вагові коефіцієнти i -го рівня для забезпечення цілісності.

При більш детальному аналізі розглядається функція стану кожного з рівнів. Згідно [1], вона має вид:

$$l_i = (C_{ij}, O_{ik}, T_{im}, M_{in}, Y_{ip}), \quad (5)$$

де C_{ij} – сукупність j зовнішніх умов;

O_{ik} – сукупність k організаційних структур;

T_{im} – сукупність m технологічних рішень;

M_{in} – сукупність n рішень по механізації;

Y_{ip} – сукупність p управлінських рішень.

Звідси безпосередньо впливає кореляція з бальними оцінками. Оцінки ефективності даються за (3); при цьому обмеження складають наведені у задачі 1 кількості балів для кожного з рівнів.

Далі, оптимізаційна задача вибору технологічних рішень формулюється в такому виді: потрібно визначити набір значень x_i при який цільова функція, що відповідає прийнятому критерію оптимальності, досягає свого мінімуму при дотриманні граничних умов. Оскільки прийняті технологічні рішення в багатьох випадках виявляються складними для оцінки, було запропоновано так звану стратегію інноваційної оптимізації [1], суть якої полягає в наступному.

1. Визначаються параметри x_1, x_2 , обмеження A^1 , окремі цільові функції, наприклад, ξ^1_1, ξ^1_2 . Узагальнена цільова функція ξ не визначається.

2. Знаходиться мінімум однієї з окремих цільових функцій, наприклад, $-\xi^1_1$, при умові, що інша окрема цільова функція продовжує зменшуватися. Йому відповідає перше гарне рішення x^1 .

3. Вводиться інновація p_1 , яка змінює характер першої окремої цільової функції $\xi^2_1 = (p_1, x_1)$ так, що її мінімум зміщується направо. Таким чином, область згоди збільшується. При цьому набір обмежень також може змінюватися: $A^1 \rightarrow A^2$.

3. Для нових умов визначається друге рішення x^2 . Вводиться наступна інновація p_2 , яка змінює характер ξ^1_2 або ξ^2_1 і т.д., після чого цикл повторюється.

4. Умовою припинення ітерацій може бути досягнення бажаного рівня показників системи, або вичерпання інноваційних ресурсів.

До цієї стратегії пропонуються два уточнення, які впливають із принципу неадитивності:

А. Параметри, обмеження та окремі цільові функції слід визначати не для системи в цілому, а для окремих рівнів. Для них же за (3) слід визначати економічну ефективність.

Б. Висновок про розподіл ресурсів слід робити після порівняння оцінок ефективності для всіх рівнів. Тоді можна визначити найбільш перспективні напрямки інновацій, а також ті «вузькі місця», де необхідно внести технічні, технологічні, організаційні та інші зміни.

Таким чином, використання СОЯЖ можливе на всіх стадіях проектування. Як показують наведені приклади, навіть у порівнянні з тими випадками, де вже використовувалися окремі елементи теорії самоорганізації, урахування принципу неадитивності дозволяє досягнути додаткового позитивного ефекту.

Висновки. Застосування системи оцінювання якостей житла у загальної стратегії оптимізації системи «людина – житло – середовище» та при розв’язанні конкретних оптимізаційних задач дозволило зробити постановку задач більш коректною і спростити технічні труднощі.

Практична цінність комплексної системи оцінювання якостей житла, удосконалених процедур обробки та аналізу даних, а також їх узгодження зі стратегіями розв’язання оптимізаційних задач полягає в скороченні кількості варіантів, спрощенні розрахунків, економії часу та інших ресурсів в процесі проектування, а також у підвищенні якості проектування за рахунок об’єктивної оцінки конкретних проектних рішень та їх узгодженості і більш раціонального розподілу ресурсів.

Список літератури

1. *Мхитарян Н.М., Бадеян Г.В., Ковалев Ю.Н.* Эргономические аспекты сложных систем.- К.:Наукова думка, 2004. –599 с.
2. *Ковальов Ю.М., Джурик О.В.* Показники психологічного комфорту у рамках моделі людина – житло – середовище //Прикладна геом. та інж. графіка.-К., 2005.- Вип.75
3. *Мхитарян Н.М.* Человек и комфорт.- К.:Наукова думка, 2005.-394 с.
4. *Ковалев Ю.Н., Баишта Е.Т., Джурик Е.В., Шевель Л.В.* Динамическое жилище – концепция жилища будущего //Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Спецвипуск. Доповіді третьої Кримської науково-практ. конф. «Геометричне та комп’ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн», 2006.- № 4(30).-С.280-284
5. *Человеческий фактор*, тт.1-6.-М.:Мир,1991-92
6. *Рунге В.Ф., Манусевич Ю.П.* Эргономика в дизайне среды.- М.:Архитектура-С,2005.-328 с.

Відомості про авторів:

Ковальов Юрій Миколайович, д-р техн. наук, професор, Національний авіаційний університет, завідувач кафедри прикладної геометрії та комп’ютерної графіки, Київ, Комарова, 1, НАУ, 497-51-58

Панько Олексій Миколайович, Заслужений будівельник України,

Баишта Елена Трифоновна, канд. техн. наук, доц., професор кафедри прикладної геометрії та комп’ютерної графіки, Київ, Комарова, 1, НАУ, 497-51-58

Джурик Елена Витальевна, доцент, доцент кафедри прикладної геометрії та комп’ютерної графіки, Київ, Комарова, 1, НАУ, 497-51-58