

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕОРІЇ САМООРГАНІЗАЦІЇ С-ПРОСТОРУ ДЛЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Пропонується аксіоматична хвильова модель С-простору, описуються основні положення теорії самоорганізації, розглядаються можливості її застосування для оптимізації систем

Постановка проблеми. Застосування теоретичних та експериментальних методів моделювання та багатокритеріальної оптимізації складних систем зіштовхуються із рядом ускладнень. Так, існує невідповідність властивостей простору, множин, елементів та інших частин апарату моделювання, якостям систем (простір параметрів однорідний, ізотропний, з фіксованою розмірністю, системи неоднорідні, непорівнянні, із змінною кількістю компонентів; множини адитивні, системи неадитивні і т.д.). Складними є коректне визначення кількості та ваги аргументів, критеріїв, обмежень оптимізації; приведення їх до безрозмірної форми; визначення розмірності і метрики простору, пошук екстремумів цільових функцій. Одним із шляхів подолання цих труднощів є аксіоматичне визначення простору, позбавленого вказаних невідповідностей, обґрунтування сценаріїв його самоорганізації та калібрування у відповідності із властивостями конкретних систем, розгляд оптимізації як самоорганізації, тобто еволюційного процесу. В даній статті розглядаються ключові етапи такого підходу.

Парадигма дослідження. Теоретичним базисом є: геометрична система $G=(E,O,R)$, де E – непорожня множина геометричних об'єктів, O – сім'я операцій $o_i: E^{n_i} \rightarrow E (i \in I)$ і R – сім'я відношень $r_j \subseteq E^{m_j} (j \in J)$, заданих аксіомами, адекватними властивостям складних відкритих систем; символічні засоби опису; спеціально розроблені методи границь та інтуїтивного конструювання [1]. Перший з них використовується при обґрунтуванні аксіом С-простору; другий є основним конструктивним засобом. Він включає визначення області застосування, засобів виведення, вираження результатів, верифікації.

Аксіоматичне визначення С-простору. Необхідність задовольнити властивостям складних відкритих систем приводить до моделі, яка задається чотирма групами аксіом. Формулювання та символічні записи наведені в [2]; обмежимось коротким коментарями.

5 аксіом існування задають структуру простору. Принциповими є відкритість простору (без наявності зовнішніх факторів він не існує) та напрям його структуризації (від простору, як єдиного цілого, до окремих множин і елементів). Існують два типи елементів – хвилі і солітони, які є абстракціями відповідних фізичних об'єктів. Розрізняються дві модальності існування. Аксіоми визначають роль зовнішніх впливів в еволюції простору.

1 аксіома стану визначає координацію змін станів для всіх рівнів С-простору. Це означає, що не тільки стан простору визначається сукупністю станів його складових частин, але й стан кожного елементу залежить від стану всіх інших елементів. Розрізняються три модальності стану.

9 аксіом взаємодій встановлюють набір припустимих операцій (суперпозиція, коінциденція, інтерференція, дифракція), які є абстракціями хвильових взаємодій. Відзначимо відсутність зворотних операцій, за виключенням послідовності дифракцій солітонів.

2 аксіоми вимірювання встановлюють процедури визначення характеристик простору. Відзначимо, що постулюється як зміна самих елементів, так і координатної системи в результаті акту виміру.

Повнота, несуперечливість, невивідність аксіом перевіряється для певного класу задач – оскільки не потрібні умови, що поповнюють або суперечать аксіомам, то система аксіом повна і несуперечлива; оскільки жодна з аксіом не виводиться з інших, то і невивідна.

Самоорганізація С-простору. Найпростіший сценарій еволюції С- простору під впливом двох зовнішніх факторів [1] характеризується наступним чином.

1. Чинниками, що обмежують способи утворення С- множин (розшарування), є симетрія і цілісність.

2. Доведено твердження: 1. Припустимими є тільки такі розшарування, які зберігають косу симетрію С- простору. Розшарування відбувається за сценаріями з утворенням тільки рівнобіжних, тільки перпендикулярних, або тих і других структур: 2. Нехай для P_i існує M груп симетрії і для S_{ik} виконується $S_{ik}=S_{jl}$. Тоді утворення перпендикулярних структур припиниться, коли кількість реалізованих груп симетрій для кожного шару $L=M$, і надалі можливо утворення тільки рівнобіжних структур. Існує зв'язок між законами зберігання і групами симетрії.

3. Доведено твердження 3. Припустимими є тільки ті розшарування, характеристики С- елементів і С- множин поточної стадії яких знаходяться в гармонійному відношенні з характеристиками елементів і множин попередньої стадії, з коефіцієнтом, рівним характеристикі «золотого перерізу»:

$$\Phi = \frac{\sqrt{5} - 1}{2} \quad (1)$$

4. Кількість елементів n у залежності від стадії розшарування m :

$$n \approx \frac{1}{\sqrt{5}} ((\Phi + 1)^m + (\Phi + 1)^{-m}), \quad (2)$$

тобто виражається числами Фібоначчі (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21,...).

5. В ході розшарування змінюється тип і стан елементів: хвиля переходить в солітон, на його поверхні утворюються хвилі і т.д.; зовнішні впливи є його обов'язковими умовами.

6. При розшаруванні С- множини з потенціалом π кожному елементу передається потенціал π_n^1 :

$$\pi_n = \frac{\pi\Phi}{n}, \quad (3)$$

де n - індекс поточного шару.

Таким чином, С- множина є неадитивною. Звідси виводиться твердження 4. *Всі пов'язані з потенціалом характеристики шару різнооб'ємні характеристикам наступних шарів і не можуть бути виражені ними, тобто відрізняються якісно. Навпаки, для характеристики наступних шарів можуть використовуватися характеристики поточного шару.* Важливим є наслідок 1. Шеннонівська оцінка кількості інформації, кодованої з використанням С- елементів, повинна проводитися для кожного шару окремо.

7. Потенціал π хвилі з довжиною l і амплітудою A визначається з:

$$\pi = f(l/2, A), \quad (4)$$

де f – функція пропорційності, визначувана експериментально.

8. Довжина l_k хвилі поточного шару k відносно попереднього шару:

¹ Під потенціалом розуміється характеристика здатності до взаємодій та змін, «захоплена» частина простору. Потенціал є інтуїтивною характеристикою, як, наприклад, енергія, маса, заряд; він виражається в умовних одиницях відносно потенціалу С- простору.

$$l_k = \frac{l_{k-1}}{2n}, \quad (5)$$

якщо шари включають елементи одного типу, знаменник дорівнює n .

9. У якості одиниці виміру часу t приймається час, рівний періоду хвилі. Кожний шар k має свою t_k :

$$\frac{t_k}{t_{k-1}} = \frac{l_k}{l_{k-1}}, \quad (6)$$

де k – номер шару, а l_k і l_{k-1} пов'язані за (5).

Існує обмеженість розшарування у часі, обумовлена скінченністю часу існування першої хвилі C - простору. Час для C - простору характеризується: 1) «стрілою часу», що виражає необоротність еволюції; 2) розшаруванням.

10. Деякі з характеристик елементів (потенціал π ; довжина l ; амплітуда A ; частота ω ; фаза F ; період T ; модальності \downarrow , \downarrow ; ознаки $||$ і \perp ; коефіцієнти міри нелінійності, відношення довжин, відношення потенціалів) пов'язані між собою. В залежності від їх співвідношення, виводяться умови реалізації C - операцій і їхні окремі випадки. Наприклад, для коінциденції маємо умову: *нехай для розшарувань $\{P\}$, що відповідають $\{O^*\}$, існує упорядкований набір хвиль і солітонів:*

$$l_1 \perp l_2 \perp l_3 \dots \perp l_n,$$

$$l_1 > l_2 > l_3 \dots > l_n,$$

де n – кількість розшарувань у $\{P\}$;

Тоді необхідними і достатніми умовами коінциденції для однокомпонентних хвиль і солітонів буде виконання:

$$l_n/l_1 = m_{11}, l_n/l_2 = m_{12}, \dots, l_n/l_{n-1} = m_{1n-1}$$

$$l_{n-1}/l_1 = m_{21}, \dots, l_{n-1}/l_{n-2} = m_{2n-2}$$

...

$$l_2/l_1 = m_{n-11}$$

(7)

$$\forall \Delta \pi_i = \sum_{j=1}^n \Delta \pi_j \quad i \neq j$$

$$\{\cup\} \setminus \{\cup\}$$

$$d < d^*,$$

де m, k, l – цілі числа, $\Delta \pi_i, \Delta \pi_j$ – зміни потенціалів.

Визначено характеристики, які можуть бути визначені при різних вимірах, а також процедури вибору координатної системи і вимірювання. Досліджено і деякі інші сценарії [1].

Основними перевагами хвильової моделі та теорії самоорганізації є: 1) реалістичне відображення властивостей систем (прогнозування, розрахунки, введення нових характеристик, здатність виражати в моделі різноякісні властивості); 2) можливість виведення цілісного набору факторів організації; 3) абстрактність, що, через ізоморфізм організації систем, дозволяє не обмежувати область застосування теорії окремим класом систем і використовувати для перевірки прогнозів відомі закономірності організації систем різного походження.

Побудова графічних моделей форм та відносин C - простору. Моделі мають відображати калібрувальні інваріанти, тобто властивості організації, незалежні від природи системи, і надавати можливість калібрування – прив'язка відносних одиниць до реальних величин і фізичних одиниць виміру. Моделі першого типу – C - графі або $P3$ - діаграми – є статичними моделями, що зберігають належність і послідовність утворення елементів, кількості

елементів і операцій; розмірність; групи і порядки симетрії; розподіл відносних величин π і t_0 . Доведено твердження 5: *Нехай функтор $T: p_i \rightarrow K^l$ забезпечує взаємно-однозначне відображення S - елементів у вершини, а послідовності розшарувань – у ребра лінійного комплексу так, що одному шару відповідає одна зірка. Тоді $T \in \{TP_3\}$.* Так обґрунтовується можливість графічного моделювання сценаріїв, подібних до описаного вище. Послідовність моделювання така: 1) визначення розмірності E^n ; 2) абстрагування від Хвильової моделі з метою уявити її у вигляді S - графу (РЗ- діаграми) в E^n , так, щоб були збережені інваріанти; 3) топологічні перетворення (кривих у відрізки прямих, тощо) з метою спрощення графічного зображення; 4) проведення локальних розгортки задля спрощення проєкціювання; 5) побудова зображення на; 6) метризація; 7) доповнення графічної моделі текстовими поясненнями, аналітичними залежностями, тощо.

Побудований апарат є основою наступної **стратегії оптимізації**.

1. Визначення організації. Ціллю оптимізації є побудова ефективної та надійної складної системи. Конкретний зміст цих характеристик залежить від природи системи, а успішність побудови визначається за контрольованими показниками її функціонування. Отже: 1) склад цих показників для конкретної системи попередньо визначає кількість аргументів оптимізації $x = \{x_i\}_{i=1}^n$; 2) провадиться групування x_i , виходячи з кількісних і якісних характеристик шарів, визначається кількість розшарувань S - простору і уточнюється кількість n аргументів, виходячи з прогнозованої для кожного з шарів; 3) визначається конкретний сценарій самоорганізації; 4) групи і порядки симетрій, а також розмірність S - простору визначаються з попередніх даних і уточнюються в ході самоорганізації; 5) розподіл потенціалів та інших характеристик розраховується, з поправками на зміну сценарію, і виражається у вигляді S - графу. Ця модель є формальним виразом цілі оптимізації.

2. Визначення обмежень. Зміни значень параметрів не повинні призводити до необоротного порушення цілісності системи. Ця вимога інтерпретується згідно сценарію самоорганізації, що дозволяє розрахувати припустимі межі змін при неповних або неточних даних. Проводиться калібрування.

3. Визначення цільових функцій. Оцінки варіантів компромісів формалізуються як цільові функції, що відбивають відхилення варіантів від цілі проєктування. Вагові коефіцієнти відхилень приймаються пропорційними відносним значенням потенціалів їх рівнів. Найкращому варіанту відповідає мінімум узагальненої цільової функції, яка виражається через комбінацію окремих цільових функцій з урахуванням їх ваги.

4. Остаточна оцінка системи визначається методом експертних оцінок.

Практична перевірка і висновки. Запропонована стратегія оптимізації була реалізована для проєктування ергатичних систем, моделювання суб'єктивного простору, моделювання технологічних систем [3, 4]. Як показує практика, це дозволяє позбутися описаних на початку статті труднощів. Передбачається застосування описаного апарату для оптимізації системи управління великої будівельної організації.

Список літератури

1. Ковалев Ю.Н. Геометрическое моделирование эргатических систем: разработка аппарата. – К.:КМУГА, 1996. – 134 с.
2. Ковалев Ю.Н. Волновая модель сенсорного пространства: группы аксиом существования, состояния, взаимодействия, измерения //Прикл. геометрия и инж. графика. – К.:КГУСА, 1995. – Вып.58. – С.84-88
3. Ковалев Ю.Н. Эргономическая оптимизация управления на основе моделей S - пространства. – К.:КМУГА, 1997.-152 с.
4. Бадаян Г.В., Ковалев Ю.Н., Плоский В.А. Графоаналитическая модель технологической системы монолитного высотного жилищного строительства //Прикл. геометрия та инж. графика. – К.:КНУБА, 2000. – Вип.68. – С.67-73