

УДК 514.18

## **ХВИЛЬОВА МОДЕЛЬ С- ПРОСТОРУ: ОСНОВИ, ЗДОБУТКИ, ПЕРСПЕКТИВИ**

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)*

*В роботі обґрунтовано актуальність теми, мети і задач дослідження, сформульовано цілі статті, зроблено огляд попередніх публікацій.*

*В основній частині розглянуто компоненти апарату моделювання, до яких відносяться: понятійний апарат, аксіоми хвильової моделі С-простору, які описують його об'єкти, стани, операції, взаємодії і вимірювання, засоби опису, засоби верифікації, теорію самоорганізації С-простору, засоби відображення сценаріїв та параметрів самоорганізації.*

*У рамках даної парадигми сформульовано 10 напрямів досліджень, де застосування такого апарату є доцільним, а саме: створення аксіоматичної моделі С – простору; розробка теорії самоорганізації створення методів моделювання та оптимізації складних відкритих систем; моделювання та оптимізація організаційних та технологічних систем; розробка засобів опису складних систем та їх використання для дослідження природних мов та символічних систем; моделювання та оптимізація ергатичних систем; моделювання взаємодій людини з оточуючим середовищем; розробка та впровадження концепції комфортного середовища; моделювання сану свідомості і поведінки людини у різні епохи; моделювання еволюції, життєвого циклу людини та процесів за межею смерті.*

*Для кожного з цих напрямів наведені теоретичні передумови та вихідні дані, характеристики та потреби цільового споживача.*

*Розглянуто моделі, сценарії самоорганізації, методи оптимізації, конкретні задачі.*

*Для окремих напрямів наведено приклади та методи оцінювання.*

*Також для усіх напрямів подано підсумок, який містить результати та варіанти продовження дослідження, основні публікації автора.*

*У висновках оцінено теоретична та практична значимість кожного із напрямів дослідження, а також отриманих результатів.*

*Визначено перспективи подальших досліджень.*

*Ключові слова: складна відкрита система, хвильова модель С-простору, теорія самоорганізації, моделювання та багатокритеріальна оптимізація.*

**Постановка проблеми.** Всесвіт є складною системою, що містить у собі компоненти, які теж є складними системами. Задачі дослідження, проектування, та експлуатації складних систем відносяться до найпоширеніших. Звідси випливає, що проблема створення математичного апарату, адекватного властивостям таких систем, є актуальною.

Якщо порівняти властивості природних систем (неадитивність, відкритість, самоорганізація систем; неоднорідність, непорівнянність, незвідність компонентів; синергія, вибірковість, нелінійність, наявність порогового ефекту взаємодій), які в найбільшій мірі проявляються у системах біологічного походження, з аксіоматичними основами сучасної математики, то ми побачимо, що мають місце їх невідповідність і навіть протилежність. Те ж відноситься і до інших компонентів математичної парадигми – методів виводу та засобів опису.

Відтак, найбільш принциповим підходом є створення нової парадигми, яка, окрім геометричної системи  $G=(E,O,R)$ , де  $E$  – непорожня множина геометричних об'єктів,  $O$  – сім'я операцій і  $R$  – сім'я відношень, заданих аксіомами, адекватними властивостям складних систем, мала б містити також відповідні засоби опису та методи дослідження. Для практичного застосування з метою моделювання і оптимізації ергатичних, організаційних, технічних біологічних систем, систем управління, предметного і архітектурного середовища потрібні також теорія самоорганізації, засоби відображення, моделі і певні дослідження з метою інтерпретації і пояснення відомих фактів в рамках нової парадигми.

Саме такого підходу дотримувався автор, коли на початку 90-х років приступив до розробки хвильової моделі  $S$  – простору.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За минулі роки розробки просунулися у наступних напрямках:

- 1) створення аксіоматичної моделі  $S$  – простору [1];
- 2) створення теорії самоорганізації [2];
- 3) розробка методів моделювання та оптимізації складних систем [3];
- 4) моделювання та оптимізація організаційних та технологічних систем [3];
- 5) розробка засобів опису складних систем [4].
- 6) моделювання та оптимізація ергатичних систем [3, 5, 6];
- 7) моделювання взаємодій людини з середовищем [2, 3];
- 8) розробка та впровадження концепції комфортного середовища [7];
- 9) моделювання свідомості і поведінки людини у різні епохи [8, 9];
- 10) моделювання еволюції, життєвого циклу людини, процесів за межею смерті [9].

**Формулювання цілей статті.** Узагальнення отриманих результатів, їх систематичне викладення, оцінка перспектив подальшого розвитку розробленого апарату та впроваджень.

**Основна частина.** Послідовно розглянемо основні результати та проблеми кожного з напрямків.

1. *Аксиоматична модель С – простору* [1]. Вводяться поняття, які характеризують концепцію С- простору (Сп). Сп розуміється як результат розпаду Універсуму на частини, названі суб'єктом (С) та об'єктом (О), і, в силу свого граничного положення, є одночасно апаратом, який забезпечує настроювання конкретного С на конкретний О, і моделлю С або О. Відповідні С- відображення називаються: тернарною зв'язкою (ТЗ), внутрішнім (вР) і зовнішнім (Рз) розщепленням. Необхідність задовольнити якостям складних відкритих систем приводить до такої моделі.

Аксиоми першої групи задають структуру простору та визначають роль зовнішніх впливів в його еволюції.

Аксиома другої групи визначає координацію змін для всіх рівнів Сп.

Аксиоми третьої групи встановлюють набір припустимих операцій, в якості яких використовуються абстракції хвильових взаємодій.

Аксиоми четвертої групи встановлюють процедури вимірювання.

Повнота, несуперечливість, невивідність аксіом для певного класу за-дач перевіряється при побудові теорії самоорганізації – оскільки не потрібні умови, що доповнюють або суперечать їм, то система аксіом повна і несуперечлива; оскільки жодна аксіома не виводиться з інших то невивідна.

2. *Теорія самоорганізації С- простору* [2]. Різним зовнішнім впливам на систему відповідають сценарії самоорганізації, для яких визначаються:

- Чинники, що обмежують способи утворення С- множин (розшарування);
- Кількість шарів, множин і елементів у залежності від стадії розшарування;
- Зміни типів (хвиля або солітон) і модальностей елементів;
- Потенціали елементів. Зазначимо, що через неадитивність розподілу потенціалів, елементи, що належать до різних рівнів, є різноякісними, що важливо при моделюванні реальних систем;
- Довжини і амплітуди, частоти, фаз, періоди, модальності елементів;
- В залежності від співвідношення характеристик виводяться умови реалізації С- операцій;
- Одиниці і процедури виміру часу для різних шарів. Існує обмеженість розшарування у часі. Час для С- простору характеризується: 1) «стрілою часу», що виражає необоротність еволюції; 2) розшаруванням.
- Списки характеристик, які можуть бути визначені при різних вимірах, описуються процедури вибору координатних систем і вимірювання.

Виходячи з досвіду моделювання і оптимізації у більшості випадків достатньо сценарію (1С-1О).

3. *Методи моделювання та оптимізації складних систем* [3]. Вводяться поняття калібрувальних інваріантів та калібрувань. Моделі класифікуються: ОМ1 – статичні моделі, що зберігають належність і послідовність утворення елементів, кількості елементів і операцій; розмірність; групи і порядки симетрії, що зображуються як С- графи або РЗ- діаграми; ОМ2 – динамічні моделі, що зберігають, крім інваріантів ОМ1, динаміку структур Сп; ОМ3 – калібровані моделі, що зберігають абсолютні значення параметрів. Визначається відповідність реальної системи і моделі одного з типів, оптимізація полягає у визначенні відповідності із одним із сценаріїв самоорганізації і реалізації потрібної кількості його стадій.

Як показала практика, статичні ОМ1 здебільшого задовольняють реальні потреби. Арсенал методів моделювання і оптимізації постійно розширюється у залежності від потреб нових задач.

4. *Моделювання та оптимізація організаційних та технологічних систем* [3]. Задача удосконалювання технологічних систем розуміється як динамічна трансформація їх структур і функцій відповідно до зміни цільової функції системи. Відповідно до загальної теорії систем, система оптимально функціонує в змінних умовах, якщо вона є відкритою, цілісною, організованою. При цьому модульність і функціональна автономність системи 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. Відтак під оптимізацією слід розуміти створення системи, яка реагує на зміну зовнішніх умов зміною параметрів і функцій підсистем при незмінності організації, тобто в межах саморегуляції.

Модель технологічної системи монолітного каркасного висотного житлового будівництва корпорації «Познякижилбуд» є графоаналітичним представлення взаємозв'язку структур і функцій з урахуванням їх внеску в забезпечення цілісності системи, доповнену аналітичною частиною.

Оптимізаційна задача вибору технологічних рішень формулювалася у такому виді: потрібно визначити набір значень, при якому цільова функція, що відповідає прийнятому критерію оптимальності, досягає свого мінімуму при дотриманні граничних умов. Прийняті технологічні рішення в багатьох випадках виявляються складними для оцінки. Тому виникає необхідність розробки стратегії інноваційної оптимізації.

Сутність запропонованої стратегії полягає в наступному:

- Визначаються параметри, обмеження, окремі цільові функції. Узагальнена цільова функція не визначається.
- Знаходиться мінімум однієї з окремих цільових функцій, при умові, що інша окрема цільова функція продовжує зменшуватися. Йому відповідає перше гарне рішення  $x_1$ .

- Вводиться інновація, яка змінює характер першої окремої цільової функції так, що її мінімум зміщується направо. Таким чином, область згоди збільшується. При цьому набір обмежень також може змінюватися.
- Для нових умов визначається друге рішення. Вводиться наступна інновація, яка змінює характер окремих цільових функцій та обмежень, після чого цикл повторюється.
- Умовою припинення ітерацій може бути досягнення бажаного рівня показників системи, або вичерпання інноваційних ресурсів.

Інноваційна оптимізація не є чисто математичним методом, а орієнтована на комплексне застосування теоретичних та технічних засобів і відноситься до теоретико-експериментальних методів.

5. *Розробка засобів опису складних систем* [4]. Мови опису  $S$ -простору, з одного боку, мають знаходитись у відповідності з аксіоматикою  $S_p$ , а з іншого – «протистояти» формальним мовам так само, як аксіоми хвильової моделі «протистоять» аксіомам інших моделей. Будемо називати їх холістичними мовами ( $M_x$ ).

Методика дослідження базується на методі границь.

Вимоги до  $M_x$  інтерпретуються як реалізація розгортки від загальних структур до окремих елементів, протяжність, змінюваність, відносна однорідність, взаємозалежність, небінарність та неадитивність, відкритість, невідділеність семантики від інтерпретації. Згідно теорії самоорганізації, це означає наявність якісно різних рівнів, зв'язаних умовами цілісності. Зважаючи на комунікаційну функцію мови, її слід інтерпретувати як  $S$ - простір, що виникає і самоорганізується в процесі пізнання в системі суб'єкт ( $S$ ) –  $S$ - простір – об'єкт ( $O$ ), що, в свою чергу, конкретизує склад і зміст окремих рівнів і структур. Важливо зазначити, що структури кожного поточного рівня утворюють «контекст» для сприйняття на наступних рівнів, і навпаки, конкретизують зміст попередніх рівнів. Для кожного з рівнів притаманні власні виразні засоби, які характеризуються власним ознаками.

Грамаітичні конструкції також розглядаються в рамках теорії самоорганізації. Ознаки виразних засобів в такому разі відносяться до характеристик обраних систем запису.

Морфологія: композиційні елементи інтерпретуються як багатокомпонентні структури, що складаються із хвиль і солітонів  $S$ -простору. Створення композицій відповідає реалізації  $S$ - операцій. В [4] таких підхід був застосований для інтерпретації утворення коренів, префіксів, суфіксів, закінчень в санскриті і для пояснення механізму фіксованих змін фонем.

Семантика та інтерпретація змісту: зіставлення структурних одиниць із пізнавальними засобами людини свідчить про неоднаковість семантичних відношень різних рівнів  $M_x$ . На відміну від конвенціональної визначеності дискурсів формальних мов, для  $M_x$  має місце

«настроювання» системи всіх рівнів системи пізнання на певний об'єкт, визначений настільки, наскільки ці настроювання відрізняють його від інших об'єктів. Зберігається багатозначність та можливість відділення формальних ознак від «суті».

Практичне застосування Мх доцільно у екзегезі текстів, проектуванні впливу вербального середовища на стан людини тощо.

6. *Моделювання та оптимізація ергатичних систем (ЕС)* [3, 5, 6] проводиться на основі ОМ1-ОМ3 та загальних сценаріїв самоорганізації. Організація ЕС визначається у відповідності з формальними схемами, які відповідають різним ступеням інтеграції компонентів.

Обґрунтовуються ергономічні рекомендації з питань:

- компенсації негативних зовнішніх впливів на стан оператора;
- вибору оптимальної кількості операторів і підсистем ЕС;
- компонування систем відображення інформації (СВІ).

Розрахунок розмірів інтерпретується як реалізація калібрування. Для цього використовуються нормативні дані та вимоги техніки безпеки, зокрема, такі, які забезпечують антропометричну, біомеханічну та інформаційну сумісність; також використовуються припустимі значення температурних, вібраційних, електромагнітних та інших впливів.

Ціллю оптимізації є побудова ефективної, безпечної і надійної ЕС. Отже: 1) склад показників для системи, що проектується, попередньо визначає кількість аргументів оптимізації; 2) провадиться їх групування за рівнями моделі, виходячи з кількісних і якісних характеристик шарів, визначається кількість розшарувань і уточняється кількість аргументів, виходячи з прогнозованої для кожного з шарів; 3) виходячи з прогнозованої кількості операторів і підсистем, а також ступеню забезпечення сумісності як цілісності або інтеграції, визначається сценарій самоорганізації; 4) групи і порядки симетрій, а також розмірність Сп визначаються з попередніх даних і уточнюються в ході самоорганізації; 5) розподіл потенціалів та інших характеристик розраховується і виражається, з точністю до калібрувальних інваріантів, у вигляді ОМ1-ОМ3. Така модель є формальним виразом цілі оптимізації. Калібрування провадяться за нормативами. Оцінки варіантів формалізуються як цільові функції, що відбивають відхилення варіантів від цілі проектування. Вагові коефіцієнти приймаються пропорційними відносним значенням потенціалів.

Професійний відбір, контроль продуктивності праці, програма підготовки операторів обґрунтовуються наступним чином.

Будується графічна ОМ1 суб'єктивного простору оператора та вводяться квазіметричні відношення, як зв'язки його характеристик. Визначаються і ранжуються професійні якості, а також добираються методи психологічного тестування. Описуються інструкції, вимоги до матеріалу, процедури обробки, графічного представлення психологічного портрету, висновку про професійну придатність.

Контроль продуктивності праці: організація вимірювань повинна задовольняти аксіомам вимірювання; кількість і вага вимірюваних показників – відповідати рівням взаємодій людина-середовище, можливе скорочення кількості вимірювань, за умови врахування кореляції різних показників. Розглянуть приклади розрахунку ергономічних параметрів; моделювання розвитку стресу та патологічних змін; планування ергономічних заходів [3]. Модель людина-середовище використовується також для планування підготовки оператора.

Визначення цілей навчання на кожній стадії відповідає їх ролі в забезпеченні цілісності. Перехід від попередньої стадії навчання до наступної інтерпретується як реалізація кроку згортки; при цьому необхідний інтуїтивний «пошук змісту» засобів, поточного етапу навчання.

Інтуїтивна система відображення інформації, методика визначення професійних якостей операторів знайшли своє впровадження; інші проекти (прогностична система, прилад заходу літака на посадку) залишаються на рівні ідей і чекають свого втілення.

7. *Моделювання взаємодій людини з оточуючим середовищем* [2, 3]. Аналіз призводить до висновку про те, що має місце найбільш загальний випадок, тобто  $S_p$  формується в результаті взаємодії  $\{C\}$  і  $\{O\}$ . Модель взаємодій людини з середовищем (МЛС) є  $S$ - графом, який відображає загальні принципи побудови системи. Визначаються і розраховуються:

- рівні організації, послідовність і пріоритети їх виникнення. Встановлюється їх відповідність з фізичними, психічними, фізіологічними та анатомічними структурами;
- вагові коефіцієнти для кожного з рівнів (пропорційні потенціалам);
- кількості елементів кожного з рівнів і кількості незалежних характеристик (похідні від чисел Фібоначчі);
- межі змін характеристик, що не ведуть до порушення організації системи (з умови недопущення подальших розшарування-згортки);
- механізми обмінів (з умов симетрії та законів зберігання).

На основі МЛС визначається механізм виникнення зв'язків і обмінів, межі саморегуляції, умови виникнення патології та умови регенерації.

МЛС також лежить в основі моделей сприйняття, розпізнавання і прийняття рішення.

8. *Розробка та впровадження концепції комфортного середовища* [7] здійснюється на основі МЛС. Комфортним будемо називати стан людини в системі людина – житло – середовище при наявності наступних ознак:

- цілісність системи;
- психосоматична цілісність людини;

- наявність достатнього потенціалу для адаптації;
- наявність запасу часу існування системи.

Метою проектування міського середовища є створення максимально комфортних для усіх мешканців міста умов проживання.

Для групових споживачів пріоритетними цілі створення групових просторів збігаються з умовами комфорту пріоритетних для кожної з груп каналів взаємодії із середовищем.

Для індивідуальних споживачів метою є створення комфортного житла (робочого місця тощо) у відповідності із пріоритетними каналами, потребами і мотиваціями, що впливають із їх психологічних портретів.

З цього випливає необхідність групування показників на загальний, групові та окремі рівні.

Загальним показником є комфортність середовища.

Групові і окремі показники визначаються за рівнями сприйняття. До них відносяться: дружність, самодостатність, трансформованість, об'ємно-просторова організація, сенсорний комфорт середовища.

Обмеження включають: нормативні вимоги; вимоги збереження архітектурної та історичної спадщини; ресурсні обмеження.

Послідовність оптимізації є наступною.

1. Обирається загальна планувальна схема міського середовища.
2. Планується простір міста, розміщуються об'єкти загальноміського значення. Надаються функції розумного середовища, здійснюється оптимізація, проводиться оцінювання (це повторюється і для п. 3-10).
3. Плануються групові простори із збереженням самоподібності із середовищем міста і рішеннями, характерними для кожного із психотипів.
4. При виборі типів громадських об'єктів у групових просторах і розрахунку їх кількості і експлуатаційних параметрів враховуються: специфікації для психотипів, віковий склад та потреби вікових груп.
5. Простори діляться на окремі зони і територіально-планувальні одиниці із збереженням самоподібності.
6. Планується житловий простір. Максимально враховуються типові психологічні портрети. Передбачається прибудинкова інфраструктура, можливості розвитку, функції розумного будинку.
7. У квартирах (індивідуальних будинках) передбачаються засоби пом'якшення конфліктів.
8. Планується особистий простір – окремі приміщення, їх інтер'єри, предметно-просторове наповнення, розумні речі тощо.

9. Проектування та оптимізація міського та індивідуального транспорту, окремих інженерних мереж тощо має власні цілі, критерії і послідовність дій.

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



9. *Моделювання свідомості і поведінки людини у різні епохи* [8, 9] здійснюється на основі МЛС: на всьому протязі існування людині були притаманні усі рівні і канали взаємодії з середовищем, але їх активність змінювалася від епохи до епохи. Відстежити цю активність допомагають маркери, які супроводжують людину в усі часи – це способи зображення простору і міф про Світове дерево. Активність каналів, у свою чергу, визначає способи комунікації людини із світом, паттерни поведінки та соціальну структуру суспільства.

10. *Моделювання еволюції, життєвого циклу людини, процесів за межею смерті* [9]. Коректність застосування теорії самоорганізації визначається порівнянням умов виникнення життя та його ознак із аксіомами. Визначені 15 ознак еволюції життя є наслідками реалізації сценаріїв самоорганізації. Життєвий цикл людини розглядається як сценарій розгортки солітонно-хвильової моделі (1С, 1О) із зменшенням потенціалу. Смерть розглядається як деструкція солітонно-хвильової моделі. Існування поза межею смерті розглядається як окреме існування солітонної і хвильової компонент за сценаріями згортки С- простору.

**Висновки.** Розв'язано наукову проблему побудови апарату геометричного моделювання, адекватного властивостям складних відкритих систем. Застосування хвильової моделі та теорії самоорганізації засвідчило адекватність цього апарату, його теоретичну та практичну цінність, переваги та перспективність використання для моделювання та оптимізації відкритих складних систем різної природи – від технічних до біологічних – для кожного із 10 визначених напрямів. Окремо відзначимо використання апарату в навчальному процесі – це підручники та інша навчально-методична література, наукова робота із студентами, їх успішна участь у конкурсах наукових робіт, дипломне проектування [7, 10, 11].

### **Література**

1. Ковалев Ю.Н. Геометрическое моделирование эргатических систем: разработка аппарата. К.: КМУГА, 1996. 134 с.
2. Ковалев Ю.Н. Эргономическая оптимизация управления на основе моделей С- пространства. К.: КМУГА, 1997. 152 с.
3. Мхитарян Н. М., Бадеян Г.В, Ковалев Ю. Н. Эргономические аспекты сложных систем. К.: Наукова думка, 2004. 600 с.
4. Ковальов Ю.М., Межжеріна А.В. Застосування теорії самоорганізації С- простору для дослідження природних мов // *Прикл. геом. та інж. графіка*. К.: КДТУБА, Вип.66. 1999
5. Kovalyov Y. Diagnosis and Evaluation a Psycho-Emotional State of the STS's Operators in: Socio-Technical Decision Support in Air Navigation Systems: Emerging Research and Opportunities / T. Shmelova, Y. Sikirda, N. Rizun, A.-B. M. Salem, Y. Kovalyov. *International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research*, USA, Pennsylvania, 2018. p.305

6. Kovalyov Y. Research Anthology on Reliability and Safety in Aviation Systems, Spacecraft, and Air Transport (3 Volumes), Chapter 56. Diagnosis and Evaluation: A Psycho-Emotional State of the Operators of Socio-Technical Systems (pages 1341-1372). *Information Resources Management Association (USA) IGI Global International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research*, USA, Pennsylvania, 2020, p. 1601.
7. Мхітарян Н.М., Ковальов Ю.М., Малік Т.В., Сафронов В.К., Сафронова О.О. Дизайн середовища міста: багатокритеріальна оптимізація та розумні технології: підручник. К.: Наукова думка, 2021. 608 с.
8. Ковалев Ю.Н. Самоорганизация сознания человека и изображение пространства в произведениях живописи от палеолита до Ренессанса / Ю.Н. Ковалев, Н.М. Мхитарян, А.Ю. Ницын. К.: Дія, 2014. 236 с.
9. Kovalyov Y., Mkhitaryan N., Nitsyn A. Self-organization of the human mind and the transition from paleolithic to behavioral modernity. / Yury N. Kovalyov, Nver. M. Mkhitaryan, and Alexander Yu. Nitsyn. *IGI Global International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research*, USA, Pennsylvania, 2020. p.492
10. Ковальов Ю.М., Верещага В.М. Прикладна геометрія: нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка, сучасні розділи. / Ю.М. Ковальов, В.М. Верещага. Київ: ППП ОМЄГА-Л, 2012. 472 с.
11. Ковальов Ю.М. Основи геометричного моделювання [Навчальний посібник з грифом МОН]. К.: Вища школа, 2003. 232 с.

### **WAVE MODEL OF C-SPACE: BASES, ACHIEVEMENTS, PROSPECTS**

Yury Kovalyov

*The relevance of the topic, goals and objectives of research are substantiated in this publication, the review of previous publications is made.*

*The main part considers the components of the modeling apparatus, which include: conceptual apparatus, axioms of the wave model of C-space, which describe its objects, states, operations, interactions and measurements, means of description, means of verification, theory of self-organization of C-space, means display of scenarios and parameters of self-organization.*

*Within the framework of this paradigm, 10 directions of research have been formulated, where the use of such an apparatus is expedient, namely: creation of an axiomatic model of C - space; development of the theory of self-organization of creation of methods of modeling and optimization of difficult*

*open systems; modeling and optimization of organizational and technological systems; development of tools for describing complex systems and their use for the study of natural languages and symbolic systems; modeling and optimization of human-environment systems; modeling of human interactions with the environment; development and implementation of the concept of a comfortable environment; modeling the dignity of human consciousness and behavior in different eras; modeling of evolution, human life cycle and processes beyond death.*

*For each of these areas the theoretical preconditions and initial data, characteristics and needs of the target consumer are given.*

*Models, scenarios of self-organization, optimization methods, specific tasks are considered.*

*Examples and evaluation methods are given for some areas.*

*Also, for all areas, a summary is given, which contains the results and options for continuing the study, the main publications of the author.*

*The conclusions assess the theoretical and practical significance of each of the areas of research, as well as the results obtained.*

*Prospects for further research are identified.*

*Keywords: complex open system, C-space wave model, theory of self-organization, modeling and multicriteria optimization.*

### **References**

1. Kovalyov Y. N. Geometry Modeling of Man-Machine systems: the apparatus creation / Y. Kovalyov. – Kiev: KMUGA, 1996.-136 p. [Russian]
2. Kovalyov Y. N. Ergonomic Optimization of Management on Models of S-space Foundation / Y. N. Kovalyov. Kiev: KMUGA, 1997.-152 p. [Russian]
3. Kovalyov Y. N. Ergonomic aspects of complex systems/ N.M. Mkhitarian, G.V. Badeyan, Y. N. Kovalyov. – Kiev: Naukova Dumka, 2004.- 599 p. [Russian]
4. Kovalyov Y.M., Mezherina A.V. Application of the theory of self-organization of S- space for the study of natural languages // *Appl. geom. and Enj. Graphics*. K.: KDTUBA, 1999. Issue 66
5. Kovalyov Y. Diagnosis and Evaluation a Psycho-Emotional State of the STS's Operators in: Socio-Technical Decision Support in Air Navigation Systems: Emerging Research and Opportunities / T. Shmelova, Y. Sikirda, N. Rizun, A.-B. M. Salem, Y. Kovalyov. *International Publisher of*

- Progressive Information Science and Technology Research*, USA, Pennsylvania, 2018. p.305
6. Kovalyov Y. Research Anthology on Reliability and Safety in Aviation Systems, Spacecraft, and Air Transport (3 Volumes), Chapter 56. Diagnosis and Evaluation: A Psycho-Emotional State of the Operators of Socio-Technical Systems (pages 1341-1372). *Information Resources Management Association (USA) IGI Global International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research*, USA, Pennsylvania, 2020, p. 1601.
  7. Mkhitaryan N.M., Kovalev Y.M., Malik T.V., Safronov V.K., Safronova O.O. Urban environment design: multi-criteria optimization and smart technologies. -K.: Naukova Dumka, 2021. 608 p.
  8. Kovalyov Y. N. Self-organization of the Human Mind and the Image of the Space in the art from the Paleolithic to the Renaissance / Y. N. Kovalyov, N.M. Mkhitaryan, A.Y. Nithin,.– Kiev: Diya, 2014.-234 p. [Russian]
  9. Kovalyov Y., Mkhitaryan N., Nitsyn A. Self-organization of the human mind and the transition from paleolithic to behavioral modernity. / Yury N. Kovalyov, Nver. M. Mkhitaryan, and Alexander Yu. Nitsyn. *IGI Global International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research*, USA, Pennsylvania, 2020. - p.492 [Ukrainian]
  10. Kovalyov Y. N. Applied Geometry: Descriptive Geometry, Engineering and Computer Graphics, Modern Trends / Y. N. Kovalyov, V.M. Vereschaga. Kiev: Omega-L, 2012. 472 p. [Ukrainian]
  11. Kovalyov Y. N. Basics of Geometry Modeling. Kiev: Vysha shkola, 2003. 232 p. [Ukrainian]