

ХВИЛЬОВА МОДЕЛЬ С-ПРОСТОРУ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ

Національний авіаційний університет

Постановка проблеми. Всесвіте складною системою, що містить у собі компоненти, які здебільшого теж відносяться до складних систем. Задачі дослідження, проектування, та експлуатації складних систем відносяться до найпоширеніших. Звідси випливає, що проблема створення математичного апарату, адекватного властивостям таких систем, є надзвичайно нагальною.

Якщо порівняти властивості природних систем (неадитивність, відкритість, самоорганізація систем; неоднорідність, непорівнянність, незвідність компонентів; синергія, вибірковість, нелінійність, наявність порогового ефекту взаємодій) 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 $o_i: E^{n_i} \rightarrow E (i \in I)$ і R – сім'я відношень $r_j \subseteq E^{m_j} (j \in J)$, заданих аксіомами, адекватними властивостям складних систем, мала б містити також відповідні засоби опису та методи дослідження. Для практичного застосування потрібні й інші компоненти – теорія самоорганізації, засоби відображення, моделі – а також певні фундаментальні 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 С – простору ($XmCn$).

Аналіз наукових досягнень і публікацій. За роки, що минули, розробка нової парадигми значно просунулася уперед у наступних основних напрямках:

- 1) створення аксіоматичної моделі С – простору [1];
- 2) створення теорії самоорганізації [2];
- 3) розробка методів моделювання складних систем (теорії перетворень та їх інваріантів) [2];
- 4) створення теорій взаємодії людини з оточуючим середовищем (сприйняття, прийняття рішень, пояснення гомеостазу, виникнення хвороб, адаптація до зовнішніх впливів з урахуванням природних та біологічних ритмів) [2, 3];
- 5) створення моделей ергатичної системи (ЕС) та діяльності оператора, методик оцінки стану та підготовки оператора, стратегії оптимізації ЕС [3];
- 6) розробка концепцій комфорту людини та динамічного житла [5];
- 7) моделювання та оптимізація технічних систем [3, 4];
- 8) розробка засобів опису складних систем та їх використання для дослідження природних мов [7] та символічних систем [6].

Відтак виникла необхідність узагальнення отриманих результатів, їх систематичного викладення та оцінки перспектив подальшого розвитку хвильової моделі. Це і є **метою статті**.

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

1. Аксиоматика. Вводяться поняття, які характеризують концепцію *С-простору* (Sp, \circ). Sp розуміється як результат розпаду універсуму (U) на частини, названі суб'єктом (S) та об'єктом (O)¹, і, в силу свого граничного положення, є одночасно апаратом, який забезпечує настроювання конкретного S на конкретний O , і моделлю S або O . Відповідні S -відображення називаються: тернарною зв'язкою ($T3$), внутрішнім ($вР$) і зовнішнім ($Рз$) розщепленням. Зв'язок елементів Sp задається Γ -операторами (аналіз, синтез, проєкціювання, ототожнення). Необхідність задовольнити якостям складних відкритих систем приводить до такої структури аксіоматичної моделі.

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

1.1. *Спостереження переводить С-простір у стан актуального існування:*

$$H \circ A, (1)$$

де H позначає вплив S і O , модальність A визначає дійсне існування Sp .

1.2. *С-простір є носієм потенційно існуючих множин, що містять потенційно існуючі елементи – хвилі і солітони:*

$$\circ \rightarrow (\square \Pi (\cup \bullet \Pi)), (2)$$

де \square – позначення S -множин, \cup і \bullet – хвиль і солітонів (їх вибір як елементів Sp пояснюється необхідністю відобразити мінливість або незмінність компонентів); модальність Π визначає можливість існування конкретного Sp .

1.3. *Спостереження С-простору ініціює його розшарування на актуально існуючі С-множини:*

$$H \mathcal{P} \square A, (3)$$

де \mathcal{P} – розшарування, тобто диференціація Sp в ході його еволюції.

1.4. *Спостереження С-множини ініціює його розшарування на актуально існуючі С-елементи:*

$$H \square \mathcal{P} \cup \bullet A (4)$$

1.5. *Спостереження С-елементів ініціює перехід від хвиль до солітонів і навпаки; його припинення – зникнення елементів:*

$$\begin{aligned} H \cup \bullet A \rightarrow (\cup A \leftrightarrow \bullet A) \\ \cup \bullet A \rightarrow \cup \bullet \Pi \downarrow \end{aligned} (5)$$

де \leftrightarrow – позначення переходу хвиль у солітони і навпаки; модальність стану \downarrow вказує на припинення існування елементів.

Аксиома другої групи визначає координацію змін для всіх рівнів Sp .

2.1. *Хід розшарування С-простору визначає структуру С-множин і модальність стану С-елементів – збудження (\nearrow) або згасання (\searrow); стан елементів характеризує структуру С-множин і спрямованість змін Sp :*

¹ S і O не мають визначеного семантичного навантаження (як змінні x і y).

$$\mathcal{P}(\Box A((\forall \cup \bullet A(\cup \bullet \wedge \cup \bullet))) \quad (6)$$

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

3.1. **Суперпозиція С** актуально існуючих однокомпонентних хвиль переводить їх в однокомпонентні хвилі з лінійно зміненими характеристиками:

$$C(\cup A //) \rightarrow \cup', \quad (7)$$

де // позначає паралельні хвилі.

3.2. **Коінциденція К** актуально існуючих перпендикулярних С- елементів переводить їх в елемент, кількість перпендикулярних компонент кожного дорівнює сумарному числу перпендикулярних компонент вихідних хвиль і солітонів:

$$K(\cup \bullet A \perp) \rightarrow \cup' \bullet K, \quad (8)$$

де \perp позначає хвилі, розташовані в перпендикулярних площинах.

3.3. **Інтерференція І** актуально існуючих хвиль переводить їх у хвилі зі зміною числа хвиль і компонент і нелінійною зміною характеристик:

$$I(\cup A) \rightarrow \cup' (9)$$

3.4. **Дифракція Д** актуально існуючих С- елементів переводить: хвилі – у хвилі зі зміною кількості хвиль і компонент і нелінійною зміною характеристик; солітони – в солітони зі збереженням набору компонент і зміною напрямку руху:

$$D(\cup \bullet A) \rightarrow \cup' (10)$$

$\rightarrow \bullet$

3.5. **Не існує такої послідовності** двох або більше суперпозицій, яка переводила б С- елементи в їх вихідний стан:

$$CC^{-1}(\cup // A) \rightarrow \cup'' (11)$$

3.6. **Не існує такої послідовності** двох або більше коінциденцій, яка переводила б С- елементи в їх вихідний стан:

$$KK^{-1}(\cup A \perp) \rightarrow \cup' K \quad (12)$$

3.7. **Не існує такої послідовності** двох або більше інтерференцій, яка переводила б хвилі в їх вихідний стан:

$$II^{-1}(\cup A) \rightarrow \cup' (13)$$

3.8. **Не існує такої послідовності** двох або більше дифракцій, яка переводила б хвилі в їхній вихідний стан:

$$DD^{-1}(\cup \bullet A) \rightarrow \cup'' \bullet \quad (14)$$

3.9. **Існує принаймні одна послідовність** двох дифракцій, яка переводить солітони в їхній вихідний стан:

$$DD^{-1}(\bullet A) \rightarrow \bullet A \quad (15)$$

Аксиоми четвертої групи встановлюють процедури вимірювання.

4.1. **Спостереження дифракції координатної системи Кс** й актуально існуючої хвилі простору, що вимірюється, призводить до зміни координатної системи – результату вимірювання – і зміни хвилі, що вимірюється:

$$ND(Kc \wedge \cup A) \rightarrow (Kc' \wedge \cup' \wedge Pc) \quad (16)$$

4.2. **Спостереження дифракції координатної системи й актуально існуючого солітону простору**, що вимірюється, призводить до зміни координатної системи – результату вимірювання – і зміни руху солітону:

$$ND(Kc \wedge \bullet A) \rightarrow (Kc' \wedge \bullet' \wedge Pc) \quad (17)$$

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

На сьогоднішній день розробку аксіоматики можна вважати завершеною.

2. Теорія самоорганізації С- простору. Для сценарію (1С-1О):

1. Чинниками, що обмежують способи утворення С- множин (розширення), є: симетрія С і О відносно Сп цілісність У.

2. Доводиться твердження: 1. Припустимиміє тільки такі розширення, які зберігають косу симетрію Сп. Відтак, розрізняється суб'єктна (Сп⁺) й об'єктна (Сп⁻) половини. Розширення відбувається за сценаріями з утворенням тільки рівнобіжних, перпендикулярних, або тих і других елементів: 2. Нехай для Р_і існує М 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, аналогічний теоремі Нетер.

3. Доводиться твердження 3. Припустимиміє тільки ті розширення, характеристики С- елементів і С- множин поточної стадії яких знаходяться в гармонійному відношенні з характеристиками елементів і множин попередньої стадії, з коефіцієнтом, рівним характеристиці «золотого перерізу»:

$$\Phi = \frac{\sqrt{5} - 1}{2} \quad (18)$$

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

$$n \approx \frac{1}{\sqrt{5}} ((\Phi + 1)^m + (\Phi + 1)^{-m}), \quad (19)$$

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

5. В ході розширення змінюється тип і стан елементів: $\cup \rightarrow \bullet \rightarrow \square \rightarrow \cup$; впливи С і О є його обов'язковими умовами.

6. При розширенні С- множини з потенціалом π кожному елементу передається потенціал π_n¹:

$$\pi_n = \frac{\pi\Phi}{n}, \quad (20)$$

де n- індекс поточного шару.

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

¹ Під потенціалом πСп мається на увазі характеристика здатності до взаємодій та змін, «захоплена» частина У. Потенціал є інтуїтивною характеристикою, як, наприклад, енергія, маса, заряд; він виражається в умовних одиницях відносно потенціалу Сп.

з використанням *C*- елементів, повинна проводитися для кожного шару окремо.

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

$$\pi = f(l/2, A), \quad (21)$$

де f – функція пропорційності, визначувана експериментально.

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

$$l_k = \frac{l_{k-1}}{2n}, \quad (22)$$

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 :

$$\frac{t_k}{t_{k-1}} = \frac{l_k}{l_{k-1}}, \quad (23)$$

де k – номер шару, а l_k і l_{k-1} пов'язані за (21).

Можливі такі розшарування, для яких час існування кожного шару, виражений у відносних одиницях, однаковий:

$$\forall k, \frac{T_k}{t_k} = const, \quad (24)$$

де T_k – час існування k -го шару.

Існує обмеженість розшарування у часі, обумовлена скінченністю часу існування першої хвилі S_p – процеси розшарування і згортки (процес переходу структур S_p від стану A до Π) мають сумарну тривалість, рівну часу існування першої хвилі. Звідси випливає, що процес розшарування можливий тоді і тільки тоді, коли:

$$\forall k, T_k < T_{k-1} \quad (25)$$

Нарешті, якщо час згортки дорівнює часу розшарування, T_{0k} – час, що залишився до закінчення процесу розшарування k -го шару, дорівнює:

$$T_{0k} = \frac{T_1}{2} - \sum_{j=2}^{k-1} T_j \quad (26)$$

Таким чином, час для *C*- простору характеризується: 1) «стрілою часу», що виражає необоротність еволюції; 2) розшаруванням.

10. Визначаються інші сценарії самоорганізації:

Таблиця 1. Класифікація сценаріїв розшарування-згортки

Класифікаційна ознака	Сценарії			
	1C, 1O	1C, {O}	{C}, 1O	{C}, {O}
кількість {C} і {O}	відсутня	неповна	повна	надлишкова
компенсація втрат π	тільки \perp	тільки \parallel	$i \parallel, i \perp$	

11. Вводяться характеристики елементів: потенціал π ; довжина l ; амплітуда A ; частота ω ; фаза F ; період T ; модальності \uparrow, \downarrow ; ознаки \parallel і \perp ; коефіцієнти:

– міри нелінійності:

$$e = \frac{A}{M} \leq e^*, \quad d \leq d^* \quad (27)$$

де e і d характеризують нелінійність по амплітуді і прямуванню відповідно;

e^* і d^* – значення та d , починаючи з яких не можна нехтувати нелінійністю;
 M – характеристика незбудженого стану S -множини;
– відношення довжин:

$$s = l_k / l_m; \tag{28}$$

– відношення потенціалів:

$$p = \pi_k / \pi_m \tag{29}$$

В залежності від співвідношення характеристик виводяться умови реалізації S -операцій. Наприклад, для коінциденції маємо 1: 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 \cup буде виконання:

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

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

$$\dots$$

$$l_2 / l_1 = m_{n-11} \tag{30}$$

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

$$\{\cup\} \vee \{\cup\}$$

$$d < d^*,$$

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

12. Наводиться список характеристик, які можуть бути визначені при різних вимірах, описуються процедури вибору K_s і вимірювання.

Можна констатувати, що описані сценарії є основою для моделювання явищ та процесів, які не можуть бути формалізовані по-іншому. Передусім це відноситься до проблеми «людського фактору». Що ж до невирішених проблем, то це більш детальна проробка сценаріїв в залежності від складних зовнішніх умов, дослідження розмірності S -простору (припускає ірраціональні та від'ємні значення), а також умов нелінійності хвильових процесів.

3. Графічні моделі (ОМ) та інваріанти. Вводяться поняття *калібрувальних інваріантів* (властивості, незалежні від природи систем) і *калібрування* (до фізичних одиниць виміру). Проводиться класифікація: OM_1 – статичні моделі, що зберігають належність і послідовність утворення елементів, кількості елементів і операцій; розмірність; групи і порядки симетрії; розподіл відносних величин π і t_0 і зображуються як *S-графи* або *P3-діаграми*); OM_2 – динамічні моделі, що зберігають, крім інваріантів OM_1 , динаміку структур S_p ; OM_3 – калібровані моделі, що зберігають абсолютні значення параметрів. Проводиться класифікація, визначення схем різних S -відображень. Так, для ТЗ маємо завершені (TZ_3) і незавершені (TZ_n) зв'язки і окремі випадки, наведені в табл.2.

Таблиця 2. Класифікація ТЗ

Класифікаційна ознака	Характеристики окремих випадків		
належність до одного розшарування	+	взаємодія S і одного O	++
належність до різних розшарувань	-	взаємодія S з різними O без інтерференцій і дифракцій	+-
незмінний сценарій Зг	+	взаємодія S з різними O з зміною сцена-	--

змінений сценарій Зг	-	рію Зг	
----------------------	---	--------	--

Оскільки інваріанти OM_1 належать топологічних і проєктивних для їх відтворення необхідні відповідні відображення. Твердження 5. Сім'я $\{P_3\}$ включає підроддини топологічних $\{TP_3\}$ і проєктивних $\{PP_3\}$ відображень. Кожне зовнішнє розширення є результатом їхнього послідовного здійснення:

$$P_3 = TP_3 * PP_3 \quad (31)$$

Наслідок 1. Відображення сім'ї $\{P_3\}$ є функторами.

Доводиться твердження 6. Нехай функтор $T: p_i \rightarrow K^1$ забезпечує взаємно-однозначне відображення C - елементів у вершини, а послідовності розширвань – у ребра лінійного комплексу так, що одному шару відповідає одна зірка. Тоді $T \in \{TP_3\}$. Так обґрунтовується можливість графічного моделювання сценаріїв виду 1С-1О. Для сценаріїв, де самоорганізація відбувається під впливом кількох C або O , внаслідок чого мають місце взаємодії елементів і зміни топології, маємо твердження 7. Нехай функтор $T_i: \{p_i\} \rightarrow K^1*$ забезпечує взаємно-однозначне відображення C - елементів у вершини, а послідовності розширвань – у ребра K^1 так, що одному шару кожного розширвання відповідає не менше, ніж одна зірка, а кожній операції, що змінює сценарій, – один простий цикл. Тоді $T_i \in \{TP_3\}$. Розглядаються можливості графічного вираження результатів калібрування, наприклад: розподіл π – за допомогою площин вершин графу (l і A можуть зображатися як довжини сторін прямокутника-вершини), t – довжин ребер; модальності стану – різними кольорами, тощо. Досліджуються можливості збереження цих угод. Послідовність побудови OM : 1) визначення розмірності E^n ; 2) абстрагування від X_m з метою уявити її у вигляді C - графу (P_3 - 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 OM текстовими поясненнями, аналітичними залежностями, тощо.

Як показала практика, описані графічні OM здебільшого задовольняють реальні потреби. Проте можливі й інші моделі, дослідження яких являє теоретичний інтерес, а застосування було б корисним у деяких випадках.

4. Дослідження «людського фактору» є фундаментальною проблемою, з якою пов'язані окремі впровадження.

4.1. Модель взаємодії людини з навколишнім середовищем (МЛС). Аналіз фактичних даних призводить до висновку про те, що має місце найбільш загальний випадок організації, тобто Sp формується в результаті взаємодії $\{C\}$ і $\{O\}$, а умови цілісності набувають вигляду:

$$U \rightarrow (\{C\}_o, C_n, \{O\}_p) \rightarrow CP \vee CP^* \vee CP^{**}, \text{ причому} \quad (32)$$

$$CP \rightarrow n(\{C\}_{i=1, \dots, n}, \square_{xy}, \{O\}_{i=1, \dots, n}) \quad (33)$$

$$CP^* \rightarrow (m-n)(\{C\}_{i=n+1, \dots, m}, \square_{ixy}, \{O\}_{m-n}) \quad (34)$$

$$CP^{**} \rightarrow (o-m)(\{C\}_{o-m}, \square_{i=o-m, \dots, o, j=p-m, \dots, px}, \{O\}_{p-m}), \quad (35)$$

де CP відображають тип сценарію;

$n, m, o, p, o > p$ позначають кількості C і O ;

i, j – порядкові номери розшарувань Sp , що відповідають взаємодіям різноманітних C і O ;

x, y – номери шарів і належних їм C - елементів і C - множин.

Зокрема, *розшарування(33)* моделюється показаним на рис.1 C - графом, який відображає загальні принципи побудови системи (деякі деталі не показані). 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).

Рівні 1

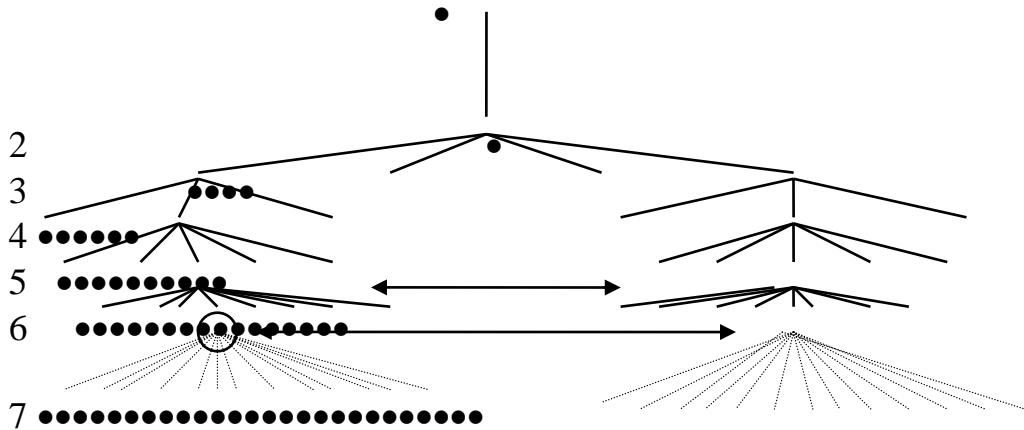


Рис. 1. Організація і взаємодії в системі людина – середовище

4.2. Механізм виникнення зв'язків і обмінів. Нехай в результаті зовнішнього впливу ушкоджується один з елементів, для визначеності, i -того шару Sp^+ (позначений кружком на рис. 1). Тоді:

1. Оскільки порушиться цілісність, система припинить існування, або відновить цілісність за рахунок перерозподілу потенціалів між шарами Sp^+ (прямі й зворотні зв'язки позначені $\rightarrow i \rightarrow$). Цей перерозподіл, можливий в певних межах, відповідає явищам регенерації, авторегуляції і втоми. Для шарів із номерами, меншими i , вплив зовнішнього подразнику буде менше суттєвим. Для Sp^- , у силу симетрії, відбудуться аналогічні зміни. Потенціал Sp зменшиться.

2. У процесі перерозподілу будуть змінюватися модальності існування і стану, відбуватимуться перетворення $\bullet \rightarrow \cup i \cup \rightarrow \bullet$, а також взаємодії C - елементів. Це призведе до випромінювання хвиль і переміщення солітонів, тобто до процесів обміну між людиною і середовищем (позначені \leftrightarrow). Оскільки якісні характеристики шарів різні, якісно різними будуть і процеси обміну і зміни шарів з номерами i та $i+1$ для Sp^+ і Sp^- .

3. Різні обміни і зміни (зберігання динамічної рівноваги, відновлення або деструкція систем і органів) можуть бути описані операціями {ДІКС}, адекватними характеристикам цих процесів. Наприклад, нормальна, парадоксальна й

ультрапарадоксальна реакції нервової системи на зміну величини подразника інтерпретуються як окремі випадки С. Оскільки реалізація операцій обумовлена обмеженнями, пов'язаними з потенціалами, це призводить до розшарування взаємодій відповідно до розшарування Сп. У межах кожного з шарів будуть виконуватися закони зберігання, обумовлені властивою йому симетрією.

4. Найбільш чутливими будуть взаємодії на резонансних частотах. Їхня компенсація потребує перерозподілу найбільшої частки потенціалу, а вплив буде відчуватися для кількох найближчих шарів. Цей ефект пояснює механізм дії несприятливих впливів одного типу на різні системи організму.

Звідси випливають твердження 8. *Причиною існування: гомеостазу і регенерації; прямих і зворотних зв'язків; якісних розбіжностей процесів обміну між компонентами системи «людина – середовище» в умовах неврівноважених зовнішніх впливів є необхідність зберігання її цілісності* 9. *Сприятливими слід вважати такі впливи зовнішнього середовища, які сприяють відновленню цілісності Сп⁺; несприятливими – впливи, що порушують цілісність Сп⁺.*

4.3. Межі саморегуляції системи визначаються, виходячи з необхідності підтримки динамічної рівноваги організації, що формалізується як недопущення розшарування (або згортки). Маємо твердження 10. *Межі зміни показників одного рівня не повинні перевищувати відношень, рівних 1:Φ для сценарію (33) або похідних від нього для сценаріїв (34), (35).*

Коли процес адаптації захоплює кілька рівнів, маємо твердження 11. *Якщо для останнього з задіяних у процесі адаптації рівнів припустимі межі зміни показників задовольняють твердженню 10, то для попередніх (1, 2, ..., k, рахуючи від останнього) вони розраховуються за формулою:*

$$\frac{\pi_{i,n} \cdot i_n}{\Phi^k \cdot i_{n-k}} \div \frac{\pi_{i,n} \cdot i_n}{\Phi^{k-1} \cdot i_{n-k}}, \quad (36)$$

де і – кількість елементів останнього шару n.

Звідси безпосередньо випливають положення

12. *Умовами виникнення патології є перевищення вказаних у (36) меж.*

13. *Умовами регенерації є зовнішні впливи, що дозволяють повернути потенціали показників життєдіяльності в межі, вказані в (36).*

4.4. Модель сприйняття (МС). Прив'язка до рівнів МЛС та ритмів головного мозку наведена в табл. 3.

Таблиця 3. Кореляції видів сприйняття.

Рівень	Кількість елементів	Предмет сприйняття	Сприйняття	Психічні стани	Ритм мозку
1	1	цілісність системи «людина – середовище»	інтуїтивне	розширена свідомість	невідомий
2	1	цілісність організованої структури на неорганізованому фоні	інтуїтивне	спокій, сон без сновидінь	Δ- ритм, 0,5-4 Гц
3	2	бінарна оцінка організованості – добре, погано і т.п.	плюс вольова	відпочинок, неглибокий сон	Θ-ритм, 4-7 Гц
4	3	тернарна організованість у просторі-часі.	плюс інтелектуальні	пильнування	α- ритм, 8-13 Гц
5	5	сенсорні подразники: світло, звук і т.д.; почуття рівноваги; втома, голод і т.д.	плюс рецепторні (3 групи)	сенсорне сприйняття; розумова робота	β- ритм, 14-35 Гц

6	8	головні кольори, звуки і т.д.; градації рівноваги; втоми і т.д.	те ж	збудження	γ- ритм, 34-55 Гц
7	13	градації кольору, звуку, тощо	те ж	те ж	те ж

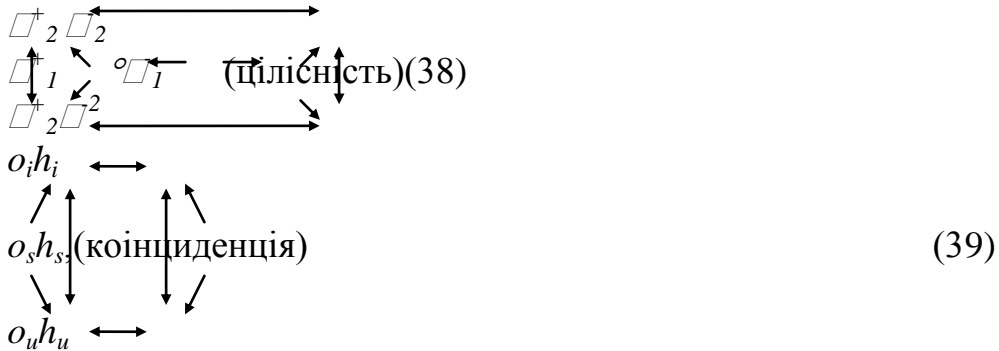
Визначається оцінка відносної ваги різних видів сприйняття p , яка враховує: область дії – за сумою потенціалів задіяних рівнів; значущість виду сприйняття для фахової діяльності (k_1); умови сприйняття (k_2); зв'язок з розпізнаванням і прийняттям рішення:

$$p = \frac{\sum_{j=i_1}^{i_n} \pi_j \cdot k_1 \cdot k_2}{i_i - i_n + 1} \quad (37)$$

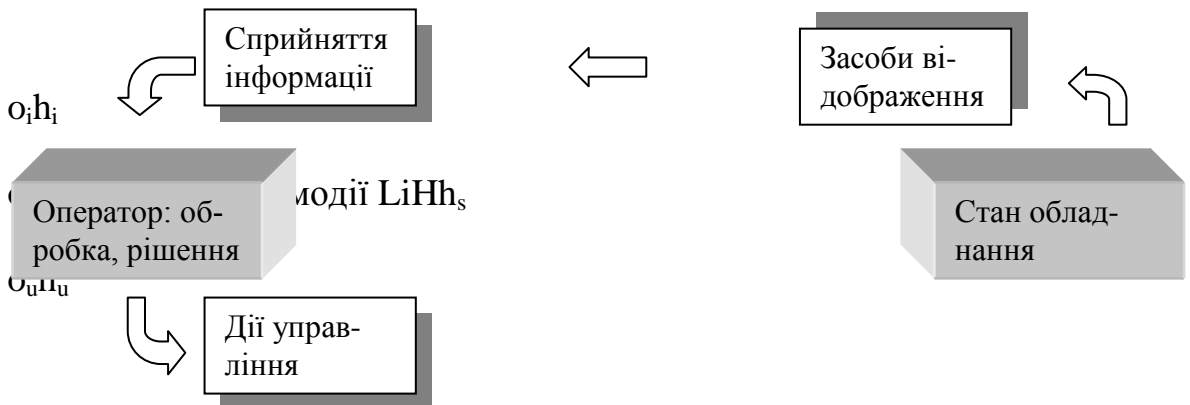
4.5. Модель розпізнавання і прийняття рішення (МРР). Загальна модель обробки інформації конкретизується як сукупність обмінів МЛС, що набувають специфічних форм інтуїтивно обумовлених реакцій, рефлексів та обдумування. Будується концептуальна МРР. Вводяться специфічні визначення компактності образу, інформативності і подібності зображень, коректності кодування, надійності розпізнавання.

Наведені в п. 4 результати дозволяють, в цілому, розв'язувати описані нижче проблеми. Їх деталізація, врахування механізмів взаємодій, оснований на інших хвильових ефектах (взаємодії осциляторів тощо) є перспективними напрямками подальших досліджень.

5. Моделювання та оптимізація ергатичних систем проводиться на основі розглянутих моделей, а також загальних сценаріїв самоорганізації. Організація ЕС (рис. 2) визначається у відповідності з формальними схемами, які відповідають різним ступеням інтеграції компонентів, а саме:



Набори характеристик для кожного шару і компоненту $\{o_i, o_w, h_i, h_u\}$ визначаються в залежності від сценарію самоорганізації згідно табл.1, який має місце в конкретному випадку.



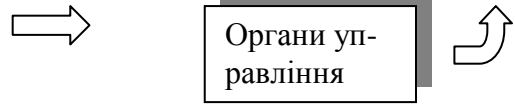


Рис. 2. Зв'язок людського і машинного компонентів ЕС

За розрахунками, 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 компонентів ЕС інтерпретується як реалізація калібрування. Для цього використовуються нормативні дані та вимоги техніки безпеки, зокрема, такі, які забезпечують антропометричну, біомеханічну та інформаційну сумісність; для інших розрахунків використовуються припустимі значення температурних, вібраційних, електромагнітних та інших впливів.

5.1. Загальна стратегія оптимізації. Ціллю оптимізації є побудова ефективної, безпечної і надійної ЕС. Відповідно до ГОСТ 16.035-81 і ДСТУ 2429-94, успішність оцінюється за гігієнічними, антропометричними, психофізіологічними, психологічними, біомеханічними, інформаційними та естетичними показниками. Отже: 1) склад цих показників для конкретної системи, що проектується, попередньо визначає кількість аргументів оптимізації $x = \{x_i\}_{i=1}^n$; 2) провадиться групування x_i за рівнями МЛС, виходячи з кількісних і якісних характеристик шарів, визначається кількість розшарувань S_p і уточнюється кількість p 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 з табл.1; 4) групи і порядки симетрій, а також розмірність S_p 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 ОМ. Ця модель є формальним виразом цілі оптимізації. Зміни значень параметрів не повинні призводити до необоротного порушення цілісності системи. Ця вимога інтерпретується згідно МЛС, що дозволяє розрахувати припустимі межі змін при неповних або неточних даних. Калібрування провадиться за нормативами. Оцінки варіантів формалізуються як ЦФ, що відбивають відхилення варіантів від цілі проектування. Вагові коефіцієнти приймаються пропорційними відносним значенням потенціалів. Враховуються коефіцієнти умов і пріоритетності сприйняття. Даються рекомендації щодо оптимізації дій проектувальника і розрахунку ЦФ. Так, для оцінки компоновочного рішення вводиться міра відхилення від оптимального компонування Φ_1 :

$$\Phi_1 = \sum_{i=1}^m \gamma_i |n_i - k_i|, \quad (40)$$

де m – номер останнього шару;

n і k – розрахункова і фактична кількості елементів.

Найкращому варіанту відповідає мінімальне значення Φ_1 .

Для оцінки оптимальності пропорцій і розмірів визначається Φ_2 :

$$\Phi_2 = \sum_{i=1}^m \gamma_i |s_{1i} \cdot s_{2i} \cdot s_{3i} \cdot \pi_{ni} - \pi_{ki}|, \quad (41)$$

де π_{ni} і π_{ki} – потенціали для фактичних і розрахункових пропорцій;
 s_1, s_2, s_3 – поправки на умови освітленості, сприйняття, забарвлення.

Найкращому варіанту відповідає мінімальне значення Φ_2 .

Оцінка засобів кодування Φ_3 :

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^m \gamma_i |n_i - k_i| \cdot |s_{1i} \cdot s_{2i} \cdot s_{3i} \cdot \pi_{ni} - \pi_{ki}|, \quad (42)$$

де значення параметрів і коефіцієнтів та їхня відповідність шарам визначаються тільки для інформаційних символів.

Найбільше значення Φ_3 відповідає найкращому рішенняю.

5.2. Професійний відбір, контроль продуктивності праці, розрахунок ергономічних показників, програма підготовки операторів.

Будується графічна *ОМ суб'єктивного простору оператора* (рис.3) та вводяться квазіметричні відношення, як зв'язки психологічних характеристик. Наприклад, відстань d вводить як міра збіжності:

$$d = l + |sign_k \cdot \pi_k - sign_i \cdot \pi_i|, \quad (43)$$

де l – кількість переходів між шарами елементів k та i вздовж С- діаграми;

π_k, π_i – їх потенціали;

$sign = \{+, \text{ модальність } (-, \text{ модальність } \downarrow)\}$

Рівень	1	2	3	4	5	6	7...
Всього елементів	1	× 1	× 2	× 3	× 5	× 8	× 13 ×

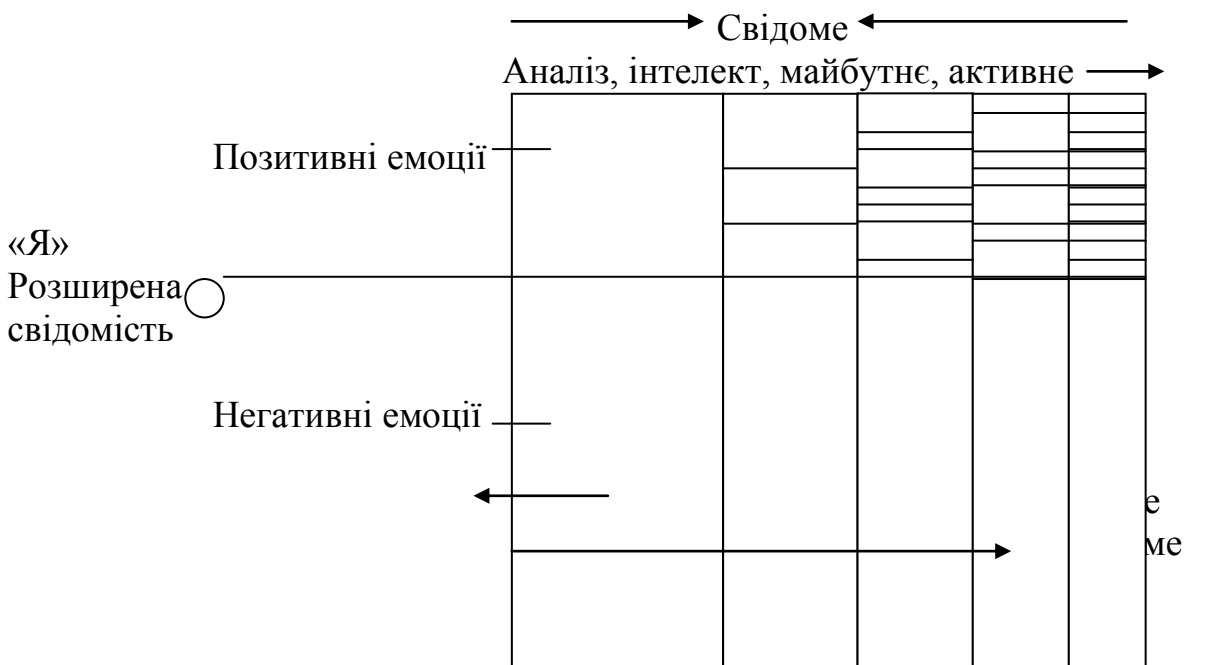


Рис. 3. Об'єктна модель суб'єктивного простору

Визначаються і ранжуються професійні якості, а також добираються методи психологічного тестування. Результати зведено в табл. 4. Описуються інструкції, вимоги до матеріалу, процедури обробки, графічного представлення психологічного портрету, висновку про професійну придатність.

Таблиця 4. Контрольовані професійні якості оператора ІСВІ та методи їхнього визначення

Рівень	Оцінки	Властивість	Методи
1	100-162	відчуття єдності форми й змісту і визначення тенденцій їхнього розвитку	«Незакінчена розповідь», «Незакінчений малюнок»
2	62-99	виділення головного, відкидання другорядного	Роршаха
3	38-61	адекватність і точність реакції на порушення цілісності	«Виправити малюнок»
4	24-37	відчуття організованості у просторі-часі	«Дерево», «Слон», «Будинок»
5-7	15-23	стійкість до «колірного шоку», розрізняння основних кольорів і відтінків	Роршаха, «Виправити малюнок», кольорові таблиці

Контроль продуктивності праці: організація вимірювань повинна задовольняти аксіомам 4.1, 4.2; кількість і вага вимірюваних показників – відповідати МЛС, можливе скорочення кількості вимірювань, за умови врахування кореляції різних показників згідно МЛС. Наводяться приклади розрахунку ергономічних параметрів; моделювання розвитку стресу та патологічних змін; планування ергономічних заходів[3]. МЛС використовується також для *планування підготовки оператора* (рис.4). Навчання розглядається як сукупність обмінів і зв'язків Sp , що згортається до стану $\circ\Pi$ (С, ТЗ, О); оператор – як Sp^+ , «середовище навчання» – як Sp^- . Кількість стадій навчання, виходячи з кількості рівнів СВІ – 5-7. Індивідуальні характеристики рецепторів оператора (рівні 6 і далі) приймаються як базові і спеціально не тренуються.

До рівню 1

↑
3 рівнів 6, 7

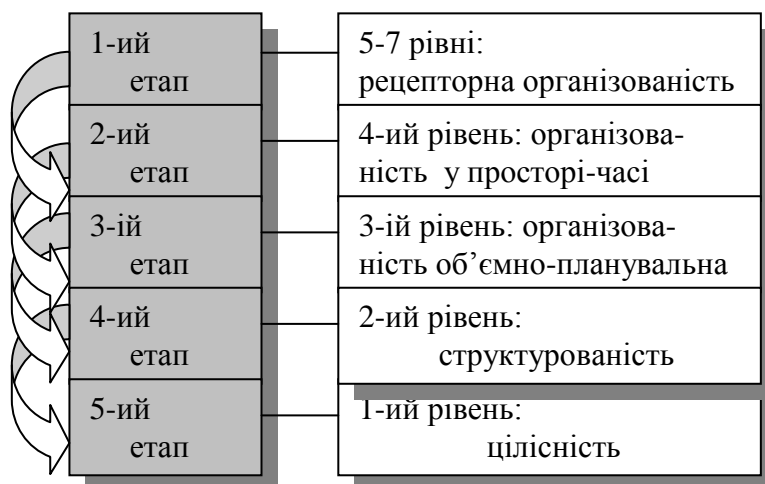


Рис. 4. Визначення цілей навчання і послідовності підготовки

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. Визначення характеристик і показників навчання провадиться згідно табл.4 у ході тестування.

Деякі із згаданих розробок (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 ще чекають свого втілення.

6. Психофізіологічний комфорт та концепція динамічного житла визначаються на основі МЛС та МРР. 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.

Відповідно, дискомфортний стан, характеризується протилежними ознаками. Психологічна складова комфорту й дискомфорту характеризується інтегральними показниками для 1 й 2 рівнів, а також окремими показниками для 3-го й наступних рівнів організації. Вони корелюють із видами сприйнятів і станами свідомості (табл.5).

Таблиця 5. Кореляції показників психологічного комфорту та дискомфорту

Рівень	Об'єкт сприйняття	Сприйняття	Показники комфорту/дискомфорту
1	цілісність системи «людина – житло – середовище»	інтуїція	відчуття удачі, сприятливого ходу подій, гармонії з навколишнім середовищем / відчуття «чорної смуги», невдачливості, дисгармонії
2	его; внутрішнє середовище організму; природа, як єдине ціле	інтуїція	відчуття самодостатності, здоров'я, спокою, радості, оптимізму, віри в майбутнє / відчуття хвороби, внутрішнього конфлікту, невдоволення, песимізму, швидкої смерті, потворності пейзажу й людей, тлінності світу
3	відношення до світу; бінарна оцінка й вплив	плюс воля	відчуття волі, почуття переваги, упевненість у досяжності мети / відчуття пригніченості, тривоги, занепокоєння, непевності, слабкості
4	простір і час; тернарна організованість	плюс інтелект	відчуття просторово-часової впорядкованості, «правильності» зовнішнього й внутрішнього світу, їхнє інтелектуальне усвідомлення як закономірних / відчуття хаосу зовнішнього й внутрішнього світу, їхньої інтелектуальної непізнаваності, випадковості
5	сенсорні подразники: світло, звук і т.д.	плюс рецептори (3 групи)	відчуття врівноваженості, сили, сенсорного комфорту, «гармонії стихій», на рівні інтелектуальних побудов і безпосереднього сприйняття світу / почуття нерівноваженості, виснаження сил, сенсорного стомлення, «ворожнечі стихій»
6-7	головні кольори, звуки; їх градації.	те ж	відчуття здорові зори, слуху й / відчуття поганого зору, слабкого слуху й т.д.

Локальність або глобальність показників комфорту/дискомфорту оцінюються як сума потенціалів задіяних рівнів МЛС, виражена відносно потенціалу першого шару. Для розрахунків його зручно прийняти рівним 162 одиницям і використати умовні одиниці з округленням до цілих чисел. Значимість показника виражається коефіцієнтом k_1 , для кожного із задіяних шарів у границях $0 \div 1$. Коефіцієнт умов сприйняття k_2 виражає ступінь утрудненості сприйняття; для кожного із шарів він перебуває в границях $0 \div 1$. При підсумовуванні показникам варто приписувати знак «+», якщо вони відповідно є показниками комфорту, і знак «-» у протилежному випадку. Тоді «формула комфорту», що характеризує виражену в умовних одиницях суму показників комфорту всіх рівнів з відповідними коефіцієнтами p прийме вид:

$$p = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} \pi_{ij} \cdot k_{1ij} \cdot k_{2ij}, \quad (44)$$

де n – кількість рівнів,

m_i – кількість показників i -го рівня

Кращому комфорту тут відповідає більше значення p .

З табл. 5 безпосередньо впливають умови, які мають бути забезпечені при проектуванні і будівництві житла:

- гармонія із зовнішнім світом (рівень 1). Якщо розглядати дизайн та архітектуру як холистичну символічну мову, то сукупність виразних засобів конкретної споруди є дискурсом з метою «настроювання» людини на єдність з Всесвітом. Цьому сприяє характерна для традиційних культур «вписаність» житла в ту чи іншу міфологему. Гармонізація біоритмів людини з ритмами природи є ще однією метою на цьому рівні;
- самодостатність і безпека житла (рівень 2) включає не тільки наявність незалежних джерел водо- чи енергопостачання чи розвинених засобів безпеки. Головним є впевненість у спроможності житла до адаптації до будь-яких зовнішніх змін. Необхідною є наявність мережі комунікацій зі світом і різними пристроями (цифровий чи розумний дім), що надає житлу нові, системні якості;
- свобода самореалізації (рівень 3). Людина повинна мати можливість у відповідності до своїх потреб змінювати склад і кількість приміщень;
- змінність форм, пропорцій, розмірів приміщень (рівень 4) є логічним продовженням попередньої умови, що потребує, однак, специфічних конструктивних рішень. Відзначимо можливість підрахувати вплив цих параметрів на стан людини [2];
- варіативність колористичних, акустичних та інших рішень (рівні 5-7) забезпечує управління станом і настроєм людини.

Оцінити якість житла можна за (44). Звідси випливає, що умовою комфорту є наявність гнучкого управління усією сукупністю виразних і технічних засобів житла. Розуміння цього природнім шляхом приводить до *концепції динамічного житла*. При сучасному розвитку будівельних технологій реалізувати цю концепцію можна лише частково. Але прагнення до її реалізації саме по собі може дати потужний імпульс до розвитку технологій і пов'язаних з будівництвом наук.

Екстраполюючи сучасні тенденції, наважимося на наступний прогноз розвитку пріоритетних напрямків:

- динамічний розрахунок конструкції зі змінною геометрією та фізичними властивостями;
- теорія динамічного інтер'єру, з системним урахуванням впливу різноякісних факторів на стан людини;
- координація динамічних споруд в рамках містобудівної концепції;
- розробка і виробництво принципово нових будівельних матеріалів;
- розробка принципово нових будівельних технологій;
- розв'язання економічних проблем будівництва та експлуатації.

7. Моделювання та оптимізація технологічних систем. Задача удосконалювання технологічних систем розуміється як *динамічна трансформація їх структур і функцій відповідно до зміни цільової функції системи*. При традиційному розумінні системи $S=(O, R)$ як упорядкованої пари елементів O і відносин R завдання полягає у відшуванні таких F і S , для яких

$$\begin{cases} F_j : S_i \rightarrow S_k \\ z(t) \rightarrow optz \end{cases}, \quad (45)$$

де $z(t)$ – цільова функція, що змінюється в часі, системи;

$optz$ – оптимальна величина $z(t)$, що досягається у визначений момент часу.

Реально враховуються також обмеження A організації, функцій і можливих перетворень системи.

Практично були випробувані різні стратегії удосконалення. Індустріально-технологічні системи будівництва країн із плановою економікою продемонстрували високу організованість і низьку адаптивність. Практика закордонних фірм показує високу адаптивність, але й нестабільність організації. Подолання цього протиріччя можливо лише в рамках концептуально іншого розуміння. 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; універсализація функцій – ізоморфізму організації, здатність до динамічної мобілізації – відкритості і цілісності, прогнозованість розвитку і керованість інформаційних потоків – самоорганізації і саморегуляції. Під оптимізацією будемо розуміти створення системи, яка реагує на зміну зовнішніх умов зміною параметрів і функцій підсистем при незмінності організації, тобто в межах саморегуляції.

Визначення. Моделлю технологічної системи монолітного каркасного висотного житлового будівництва (МТС МКВЖБ) називається графоаналітичне представлення взаємозв'язку основних структур і функцій з урахуванням їх внеску в забезпечення цілісності системи. Використаємо для побудови моделі багатовимірний евклідовий простір E^n :

$$n = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^{m_i} s_{ij}, \quad (46)$$

де n – кількість несиметричних структур системи;

m – кількість структур для i -того рівня.

Структуруємо базис E^n так, щоб кожному рівню відповідав підпростір, розмірність якого дорівнює кількості його структур. Різний внесок у цілісність системи її складових структур відбивається в особливому нормуванні базису кожного з підпросторів. Виходячи зі збереження зв'язності, співвідношення довжин векторів, можливості відображати базис кожного з підпросторів у виді сукупності розташованих під рівними кутами векторів, обираємо відображення простору в площину. Розташувавши в точках стику і кінцях базисних векторів підсистеми відповідних рівнів і доповнивши отриману схему зв'язками, установленними за допомогою аналізу технологічних та організаційних рішень, одержимо лінійний граф, що є графічною частиною МТС МКВЖБ (рис 5).

Доповнимо графічну частину моделі аналітичною. При даному рівні деталізації, стан системи описується як

$$TS = (\alpha_1 l_1, \alpha_2 l_2, \alpha_3 l_3, \alpha_4 l_4, \alpha_5 l_5), \quad (47)$$

де TS – функція стану технологічної системи;

l_i – функція стану i -го рівня організації;

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

У свою чергу, функція стану кожного з рівнів має вид:

$$l_i = (C_{ij}, O_{ik}, T_{im}, M_{in}, Y_{ip}), \quad (48)$$

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;
 U_{ip} – сукупність p управлінських рішень.

Оцінка системи. Прийнято аналітико-евристичний метод експертного опитування.

Пропонується наступний набір показників:

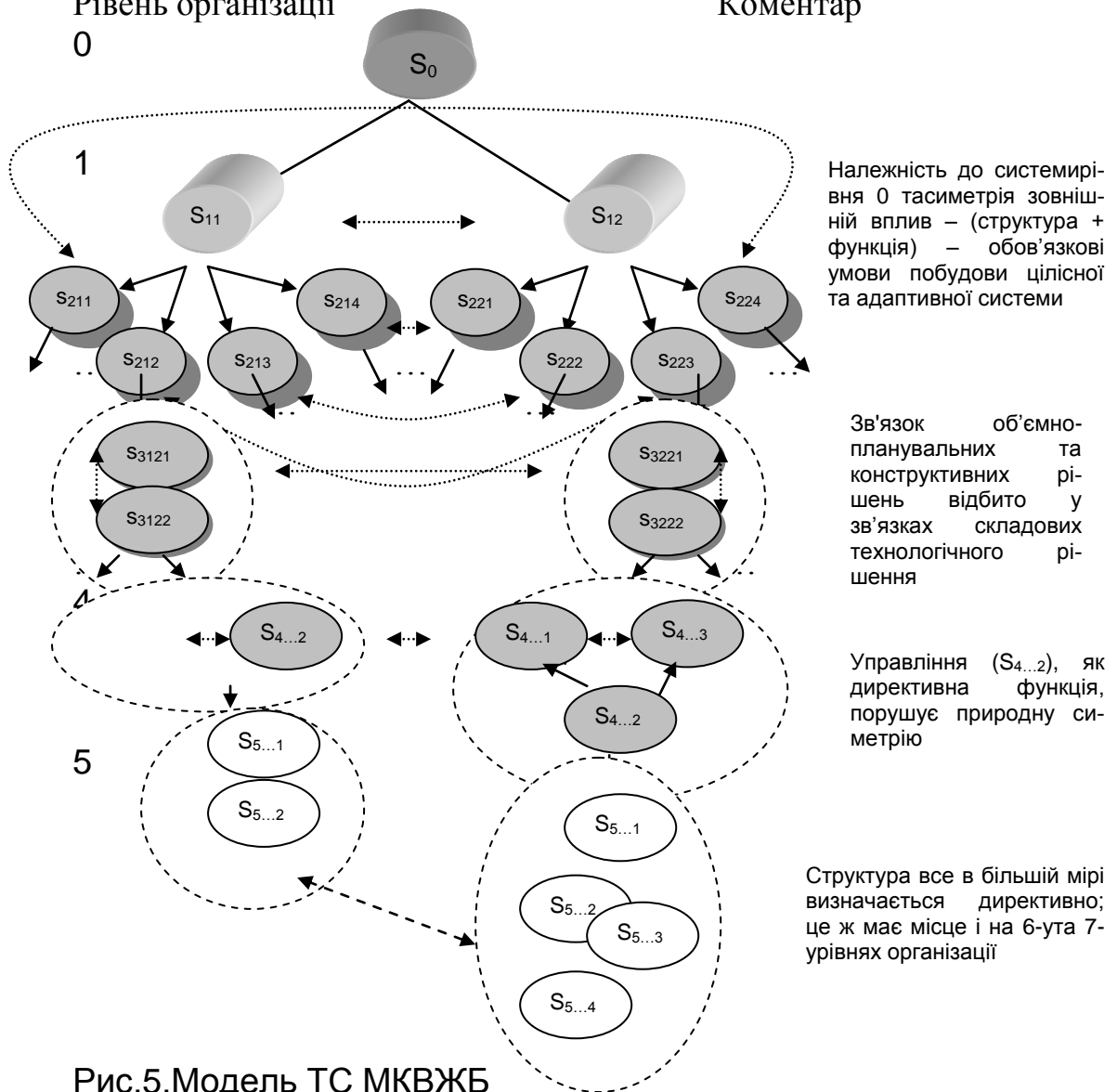
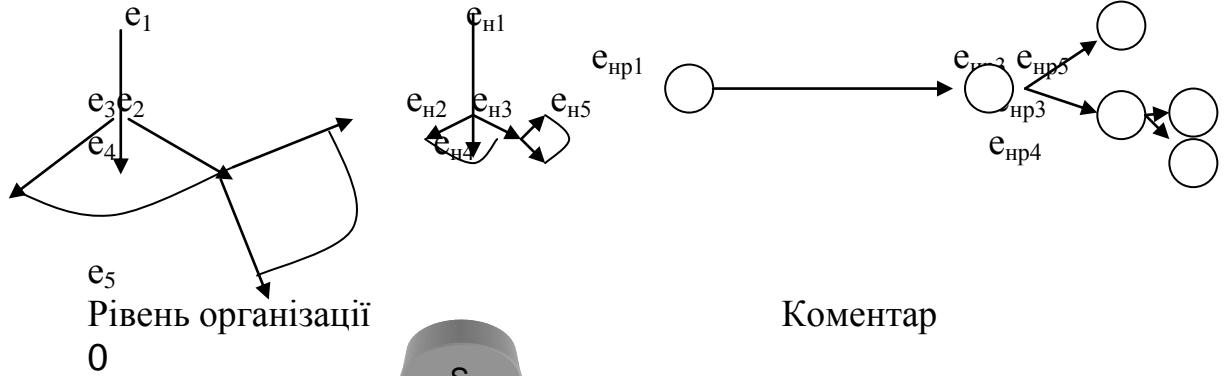


Рис.5. Модель ТС МКВЖБ

- для рівня 1 – адаптивність (відповідність зовнішнім вимогам);

- для рівня 2 – *ефективність* (відповідність цільовій функції);
- для рівня 3 – *керованість* (ступінь організованості);
- для рівня 4 – *технологічність* (відповідно до визначення в роботі);
- для рівня 5 – *якість* (відповідність проектним вимогам);
- для рівня 6 – *продуктивність* (обсяг випуску продукції в одиницю часу);
- для рівня 7 – *кваліфікація* (реалізація умінь).

Зв'язок інтегрального і групових показників, а також групового і одиничних показників визначається за формулою

$$P_z = \alpha_i \sum_{j=1}^{M_i} p_{ij}, \quad (49)$$

де P_z – груповий показник рівня i ;

p_{ij} – одиничний j -й показник із загальної їхньої кількості M_i ;

α_i – коефіцієнт, що визначає, наскільки груповий показник важливіше суми одиничних показників.

Обґрунтовуються процедури опитування та обробки результатів.

Оптимізаційна задача вибору технологічних рішень формулюється в такому виді: потрібно визначити набір значень x_i при якій 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 ТС МКВЖБ.

Сутність запропонованої стратегії полягає в наступному.

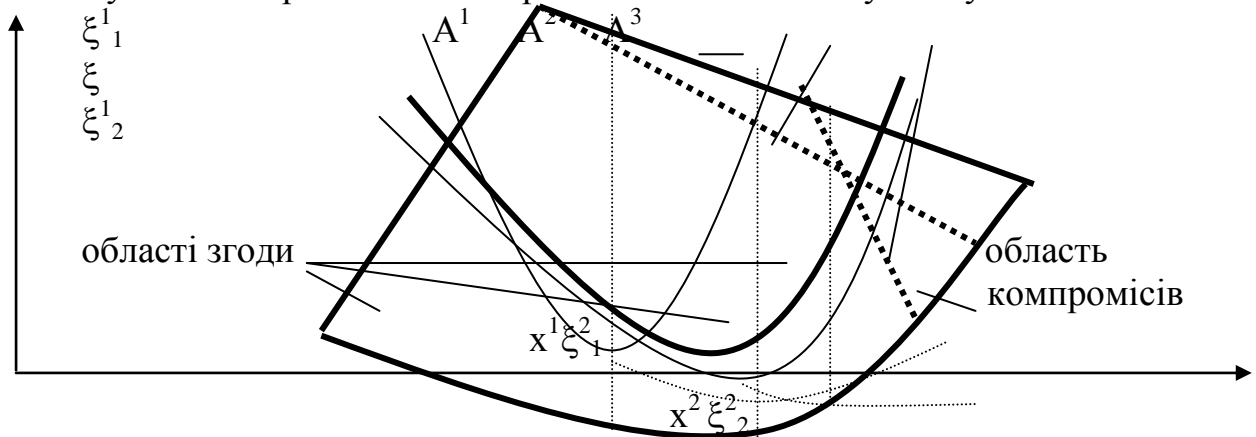


Рис. 6. Інноваційна оптимізація

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

2. Знаходиться мінімум однієї з окремих цільових функцій (в даному випадку – ξ^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.

Отримане в результаті рішення може бути кращим за класичне Парето-оптимальне рішення. Перевірка досягнутих результатів здійснюється в ході виробничих експериментів. Ще однією перевагою запропонованої стратегії є те, що вона без посередньо вказує ті «вузькі місця», де необхідно внести технічні, технологічні, організаційні та інші зміни. Таким чином, інноваційна оптимізація не є чисто математичним методом, а орієнтована на комплексне застосування теоретичних та технічних засобів, тобто відноситься до теоретико-експериментальних методів.

Впровадження технологічних систем та інноваційної оптимізації наведено в [3,4].

8. Мови опису С-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: 1. Визначаються складові частини вихідної парадигми і її понятійний апарат. 2. Вводяться метапоняття, які узагальнюють існуючі засоби. Сукупність метапонять створює певну концепцію, яка реалізується у вигляді аксіоматичної моделі. 3. Відносно метапонять для кожного з компонентів формулюються граничні умови, вихід за межі яких призводить до парадоксів. 4. Граничні умови замінюються на протилежні; отримані умови доповняльності є граничними для всіх новостворених засобів і визначають межі застосування, структуру і склад нової парадигми.

Визначення граничних умов. Формальні мови M_ϕ 1-го порядку мають такі рівні: *Символи.* Набір символів включає позначення предметних змінних, функціональних і предикатних символів; *Імена.* З предметних змінних і функціональних символів будуються терми – імена, пов'язані з об'єктами лише конвенційно; *Атомарні (елементарні) формули.* З використанням предикатних символів із термів утворюються атомарні формули виду $P(t_1, \dots, t_n)$, $n > 0$, які означають, що об'єкти $t_1 \dots t_n$ пов'язані відношенням P ; *Формули і правила виведення.* З формул за допомогою кванторів і пропозиціональних зв'язок будуються неелементарні формули, що перетворюються в конкретні висловлення при завданні моделі числення. Правила виведення базуються на законах формальної або інтуїціоністської логіки, іноді включають вимоги ефективності і деякі обмеження.

Звідси, граничні умови Γ_{M_ϕ} виражаються таким чином:

Умова 1. Γ_{M_ϕ} :

- елементи, імена, формули – дискретні;
- відношення – однорідності, згортання (до ∞_{II});
- операції – адитивні, бінарні;
- інтерпретація – конвенціональна і незалежна від синтаксису.

Синтаксична структура відрізків тексту природної мови аналізується за допомогою системи складових і описуються у вигляді графів спеціального

виду. Визначаються лінгвістично значимі відношення і класифікації мовних об'єктів і будується аналітична модель мови. При цьому розрізняють синтагматичні і парадигматичні моделі. Ці відношення і класи мовних об'єктів трактуються з теоретико-множинних позицій. Розробляється теорія формальних граматики, яка відноситься до найважливішого аспекту мови – переробці «змістів» у «тексти» і навпаки. Вона базується на теорії алгоритмів і автоматів і розглядає бінарні відношення між етапами переробки. Семантична інтерпретація синтаксичної структури має інтенціональний (з урахуванням змісту понять) або екстенціональний (складне поняття витлумачується тільки по його складовим) характер. Оскільки як у класичній, так і в інтуїціоністській логіці прийняті останнє, саме така інтерпретація має місце найчастіше. Отже, весь цей інструментарій теж знаходиться в межах $\Gamma_{\text{мф}}$.

Визначення умов доповняльності. Доповняльними будуть положення, які виходять за межі $\Gamma_{\text{мф}}$. Звідси, M_x задається наступними положеннями $\Gamma_{\text{мх}}$:

Умова 2. $\Gamma_{\text{мх}}$:

- *структури – відкриті, протяжні, змінювані, взаємозалежні, розгортаються від «зверху вниз»;*
- *відношення – цілісності і відносної однорідності;*
- *операції – небінарні і неадитивні;*
- *інтерпретація – не відділена від синтаксису.*

Тепер розглянемо *синтаксичну структуру M_x* . Згідно умови 2 та аксіом, вимоги 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 (гармонійні відношення, симетрії, числові ряди, самоподібність тощо). Зважаючи на комунікаційну функцію мови, її слід інтерпретувати як С- простір, що виникає і самоорганізується в процесі пізнання в системі суб'єкт (С) – С- простір – об'єкт (О), що, в свою чергу, конкретизує склад і зміст окремих рівнів і структур (табл. 6). Важливо зазначити, що структури кожного поточного рівня утворюють «контекст» для сприйняття на наступних рівнів, і навпаки, конкретизують зміст попередніх рівнів.

Виразні засоби. Для кожного з рівнів притаманні власні виразні засоби, які характеризуються ознаками, зведеними в табл. 7.

Грамматичні конструкції також можуть розглядатися в рамках теорії самоорганізації. В [7] на прикладі санскриту показано, що частини природної мови та системи відмін не тільки за своїми функціями, але й за кількісними показниками відповідають рівням, вказаним в табл. 6. Ознаки виразних засобів в такому разі відносяться до характеристик обраних систем запису.

Таблиця 6. Структура і функції рівнів M_x

Рівень	Характеристика	Структурна одиниця	Функція структурної одиниці
1	єдність С та О	мова в цілому	комунікація
2	цілісність С та О	текст, композиція	відокремлення
3	протиставлення С та О	текстові і композиційні елементи	визначення відношення
4	сприйняття О у просторі і часі	послідовність сприйняття	диференціація і визначеність у просторі-часі

5	сенсорне сприйняття О	символи	настроювання сенсорного сприйняття
---	-----------------------	---------	------------------------------------

Таблиця 7. Виразні засоби M_x

Рівень	Ознаки	
	загальні	одиничні
1	комунікативність	-
2	структурованість	єдність стилю, тектоніка
3	організованість композиційна	врівноваженість-неврівноваженість, функціональна симетрія-асиметрія, статичність-динамічність
4	організованість у просторі-часі	форма, пропорції, розміри, масштаб, ритм, нюанс, метричний повтор; послідовність, темп; інформація, ентропія, енергія
5	організованість рецепторна	світло, світлотінь, колір, тон, фактура, текстура, асоціації колір-звук, відстань-звук тощо

Морфологія. Композиційні елементи інтерпретуються як багатоконпонентні структури, що складаються із хвиль і солітонів С- простору. Створення композицій відповідає реалізації С- операцій. В [7] таких підхід був застосований для інтерпретації утворення частин слів в санскриті (коренів, префіксів, суфіксів, закінчень) і для пояснення механізму сандх (фіксованих змін фонем).

Семантика та інтерпретація змісту. Зіставлення структурних одиниць із пізнавальними засобами людини (табл. 8) свідчить про неоднаковість семантичних відношень різних рівнів M_x . Найбільш комплексне враження створюють мовні одиниці найнижчих рівнів. Таким чином, на відміну від конвенціональної визначеності дискурсів формальних мов, для холистичних мов 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, можливість відділення формальних ознак від «суті», безпосереднього пізнання суті шляхом «єднання» тощо.

Таблиця 8. Відповідність структур M_x та пізнавальних засобів людини

Рівень	Пізнавальні засоби	Мовні одиниці
1	інтуїція	мова в цілому
2	інтуїція	текст, композиція
3	плюс воля	текстові і композиційні елементи
4	плюс інтелект	послідовність сприйняття
5	плюс екстероцептори	символи

Отже, для дослідження властивостей складних систем необхідна специфічна холистична мова, яка доповнює можливості формальних мов і має власні специфічні синтаксичні конструкції та семантичні інтерпретації. Ці конструкції і інтерпретації впливають із теорії самоорганізації С- простору. Практичне застосування холистичних мов доцільно у герменевтичних дослідженнях, проектуванні впливу оточуючого середовища на стан людини, створенні інтерфейсу ергатичних систем.

Висновки. Підбиваючи підсумки, зазначимо, що наукову проблему побудови апарату геометричного моделювання, адекватного властивостям складних відкритих систем, можна вважати розв'язаною. При цьому реалізовано підхід, оснований на неklasичній, системній парадигмі. Застосування ХмСп в багатьох галузях засвідчило адекватність цього апарату та перспективність його використання в подальших дослідженнях.

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. *Бадеян Г.В., Ковалев Ю.Н., Плоский В.А.*Графоаналитическая модель технологической системы монолитного высотного жилищного строительства //Прикл. геометрия та інж. графіка. – К.:КНУБА, 2000. – Вип.68
5. *Ковальов Ю.М., Джурик О.В., Баишта О.Т.* Оцінка відносної ваги показників психологічного комфорту на основі апарату хвильової моделі С- простору //Доповіді конференції «Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергосбереження, екологія, дизайн»-Київ,2005
6. *Ковальов Ю.М., Седлецька Н.І.* Символи: гносеологічні аспекти //Технічна естетика та дизайн.- К.:Віпол,2002.-Вип.2
7. *Ковальов Ю.М., Межжеріна А.В.* Застосування теорії самоорганізації С- простору для дослідження природних мов //Прикл. геом. та інж. графіка.-К.: КДТУБА, 1999.-Вип.66

Геометричне та комп'ютерне моделювання, 2007.-Вип.19.- с.57-83