

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЕРГОНОМІЦІ

*Київський національний університет будівництва і архітектури
Київський міжнародний університет цивільної авіації*

Ергономіка – сучасний науково-технічний напрямок, предметом якого є дослідження і оптимізація систем “людина – машина – середовище” (ергатичних, ЕС). Є всі підстави стверджувати, що в ХХІ столітті він зберігатиме статус одного з найактуальніших. Це гарантує, що відповідний комплекс задач геометричного моделювання – а ергономіка є широким полем впровадження методів прикладної геометрії – буде залишатися важливим і своєчасним.

Перевагою геометричного моделювання є універсальність і широкі можливості адаптації. Щоб отримати загальну картину, згрупуємо задачі у відповідності з потребами дослідження і оптимізації ергатичних систем (рис. 1).

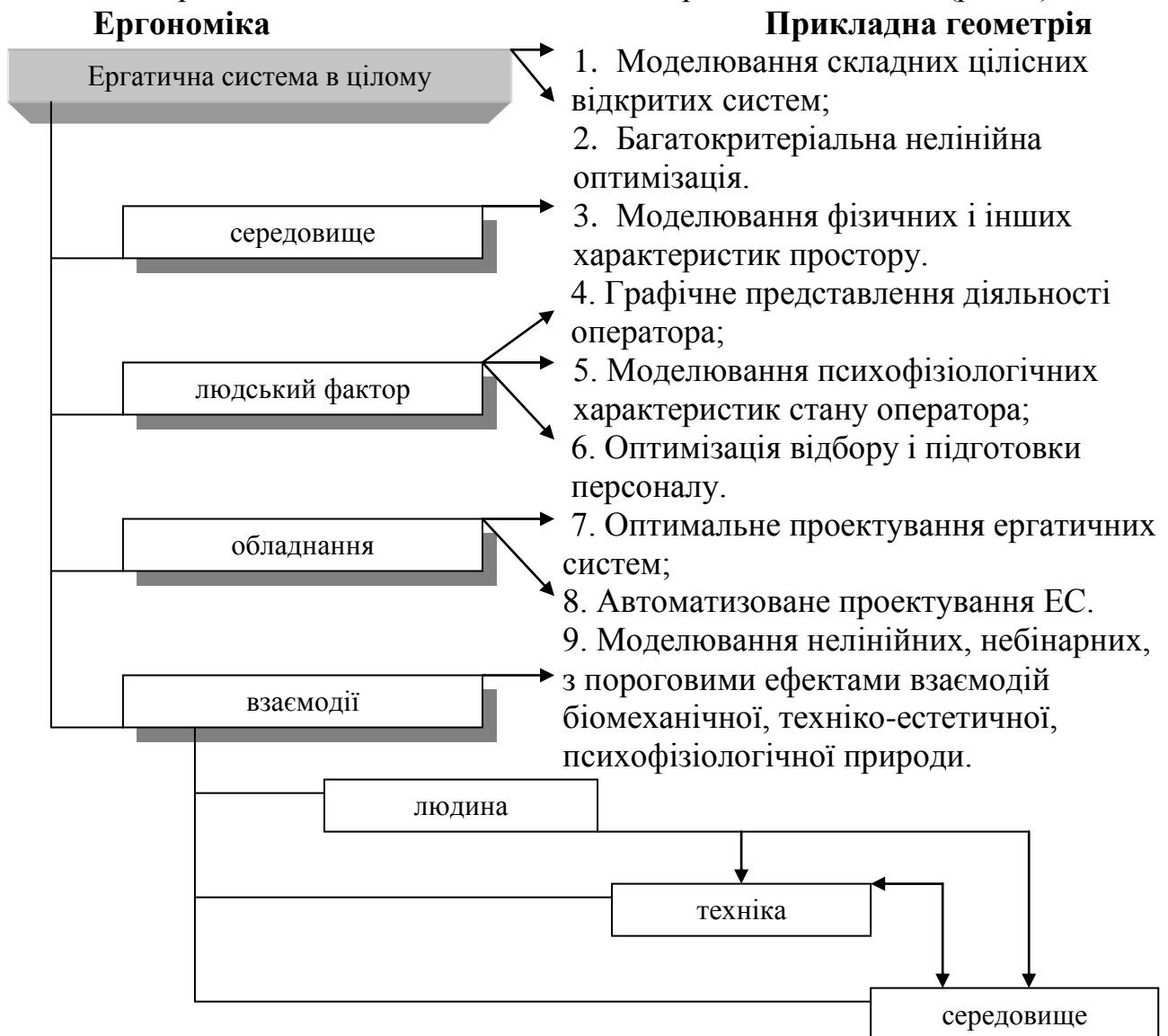


Рис. 1

Розглянемо сучасний стан і перспективи геометричного моделювання, роблячи акцент на невирішених питаннях.

Моделювання і оптимізація складних цілісних відкритих систем є найбільш проблемним питанням. Моделі повинні описувати *умови цілісності, структури, зв'язки з навколишнім середовищем, саморегуляцію та еволюцію, ізоморфізм систем*. Природа структур *неоднорідна*; компоненти мають властивості *мінливості і взаємного впливу* і характеризуються *біологічними, енергетичними, інформаційними, технічними* та іншими різномірними змінними показниками. Через це виникають проблеми оцінки ваги показників, коректного відкидання другорядних характеристик, їх представлення в умовній безрозмірній формі. Для їх вирішення звичайно використовуються *теоретико-експериментальні та ймовірно-статистичні методи і метод експертних оцінок*.

При застосуванні перших на основі апріорних гіпотез формуються прості геометричні моделі компонентів. Зв'язки описуються у вигляді нескладних функцій. Потім їх вигляд і відносна вага уточнюються в ході ітерацій в рамках загальної моделі функціонування системи. Для кореляцій використовуються дані спостережень існуючої системи та натурних експериментів. Можлива геометрична інтерпретація ймовірно-статистичних методів пов'язана з побудовою *простору стану* системи. Кожній з її складових частин ставлять у відповідність свій вимір, намагаючись привести їх до єдиної міри і зв'язати з ймовірнісною оцінкою можливості реалізації просторових, фізичних, інформаційних і інших характеристик станів системи. Подібна ж інтерпретація можлива для представлення кваліфікації експертів та ранжирування оцінок ваги параметрів – кожний із вимірів масштабується відповідним чином.

Для всіх методів труднощі викликає знаходження єдиної міри для якісно різних складових, формалізація умов сумісності, визначення оцінок надійності й ефективності. Це призводить до необхідності великої кількості вимірювань, невизначеності експертних оцінок, тривалого налагодження моделей. Труднощі напряду пов'язані з невідповідністю застосовуваного апарата особливостям ЕС.

Таблиця. *Зіставлення деяких властивостей складних систем з особливостями апарату моделювання.*

Апарат моделювання	Складні системи
простір параметрів – однорідний, ізотропний, з фіксованою цілою розмірністю	відкриті, неоднорідні, незрівнянні, із змінною кількістю параметрів в ході еволюції
множини – адитивні, задаються переліком елементів	неадитивні, не зводяться до переліку компонентів
елементи – прості, незалежні, незмінні	компоненти складні, залежні, змінні
функції – допускають декомпозицію	взаємодії нелінійні, небінарні, має місце їх синергія (неадитивна композиція)

Крім прикладних засобів, використовуються методи *загальної теорії систем і синергетики*. Відзначимо три групи робіт:

- дослідження закономірностей організації складних відкритих систем;
- побудова аксіоматичних моделей систем, наприклад, ОТСУ Урманцева;
- імітація процесу відбору в ході еволюції моделей, реалізована в методі групового урахування аргументів Івахненка.

В цих роботах використовується класичний математичний апарат, отже мають місце зазначені невідповідності. Найбільш принциповим вирішенням є аксіоматичне перевизначення складових апарату моделювання і розробка специфічних методів дослідження. Отже, ця група задач потребує проведення фундаментальних досліджень на основі аксіоматичного і системних методів і прикладних досліджень, пов'язаних з моделюванням і оптимізацією конкретних систем. Результатами перших є загальні моделі систем [1, 2] і стратегія багатокритеріальної нелінійної оптимізації, яка має особливості, охарактеризовані в [3]. Відзначимо, що оптимальне проектування має вестись від системи в цілому до окремих компонентів і мати комплексний характер (рис. 2) [4].

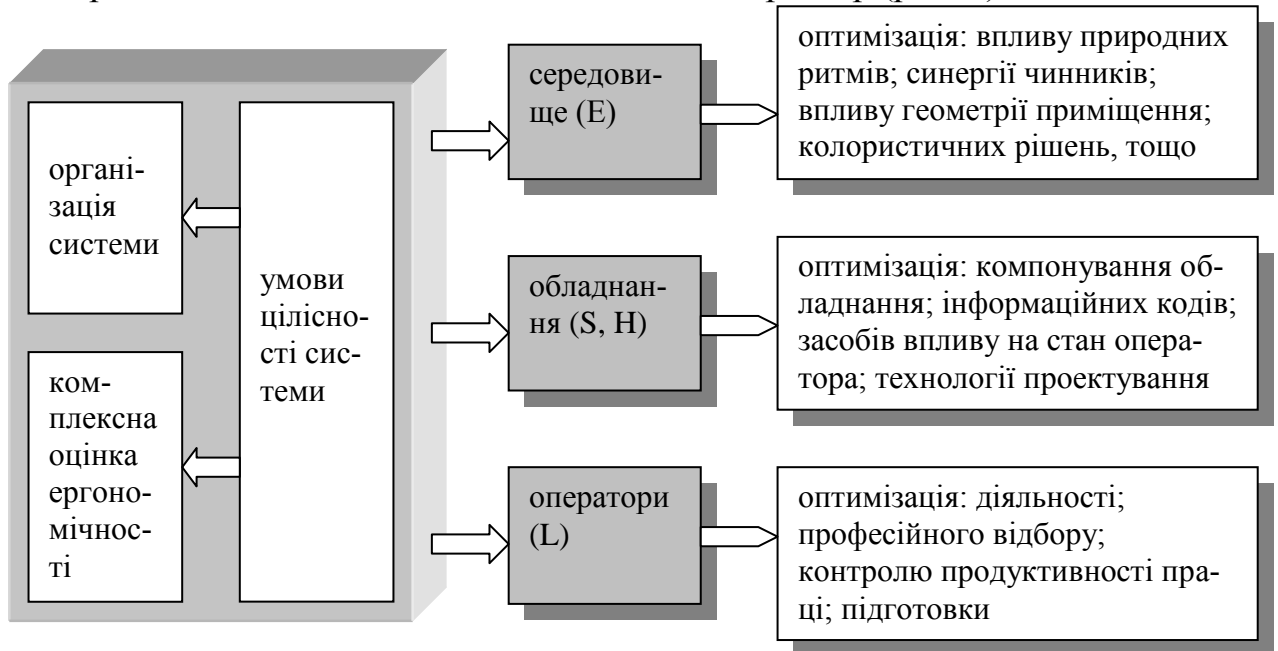


Рис. 2

На нашу думку, такі дослідження мають великі перспективи.

Моделювання навколишнього середовища. Тут виділяються два типи задач. До першого відноситься моделювання геометричних і фізичних характеристик середовища. Для розв'язання використовуються *теорії кривих ліній і поверхонь* (представлених дискретно в разі автоматизованого проектування), *звичайні методи розв'язання позиційних і метричних задач, побудови тіней, визначення оглядовості* [5], тощо. Їх специфікою є наявність обмежень, пов'язаних з присутністю людського фактору (рис.3), що мають антропометричну, біомеханічну чи іншу природу. Комплексне врахування обмежень і є новизною досліджень в цьому напрямі.

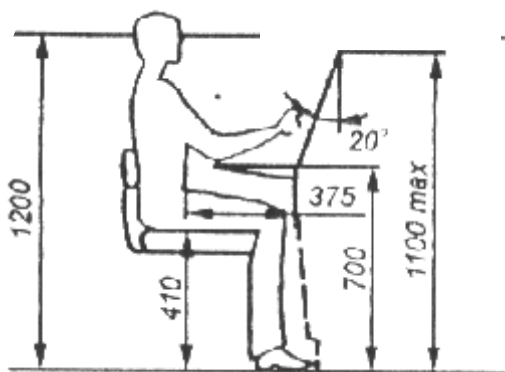


Рис.3.

В задачах другого типу вплив середовища розглядається на більш тонкому рівні – взаємодії компонентів цілісної системи. Сюди відноситься, наприклад, задача визначення впливу розмірів і форми приміщень і обладнання на

стан оператора [2]. Для розв'язання мають використовуватись *системні методи і моделі*, наприклад, *теорія самоорганізації С- простору і модель людина – середовище* [4]. Такі дослідження є новими і перспективними.

Моделювання людського фактору охоплює процеси сприйняття, розпізнавання й прийняття рішення, предметно-функціональної діяльності, відбору та контролю. Оптимізація полягає в поліпшенні антропометричної, інформаційної, техніко-естетичної сумісності; скороченні числа рухів, зменшенні ймовірності помилок; вдосконаленні відбору і навчання.

1. При моделюванні сприйняття труднощі пов'язані з складністю процесу і невіддільністю сприйняття від суб'єктивних психічних особливостей. Їх аналіз показує невідповідність характеристик явищ, що моделюються (*динамічність, нелінійність, небінарність, взаємозалежність, неоднорідність*), і аксіоматичних основ математичного апарата (*статичність, лінійність, бінарність перетворень, незалежність, однорідність елементів*).

2. Моделювання розпізнавання й прийняття рішення найбільшою мірою пов'язано з дослідженнями розумової діяльності, у тому числі проблематикою штучного інтелекту. *“Незважаючи на велику кількість цікавих окремих результатів, проблема розпізнавання образів ще далека від свого вирішення... причина полягає в штучному спрощенні проблеми, коли вона підмінюється більш простою задачею, яка зручна тим, що має шляхи вирішення, які легко проглядаються”* [6,с.9]. Реальна *неоднорідність, неадитивність, незвідність, нелінійність* процесів замінюється *однорідністю, адитивністю, звідністю, лінійністю* моделей. Це приводить до неадекватності. Наявні методи здебільшого засновані на положеннях теорій графів, формальних граматики і структурного аналізу. Вони не дозволяють описати і пояснити спроможності до не пов'язаного з порогом чутливості групування, наявності природжених переваг сприйняття, присутності підсвідомого й інтуїтивного рівнів. Існує також проблема відображення дискретності сприйняття і мінливості ознак неперервного образу.

3. Моделювання дій управління звичайно ґрунтується на теорії стохастичних графів. Оптимізація полягає в скороченні довжин ребер графів з урахуванням ймовірності похибок і ваги кожної з операцій. Апарат не містить засобів ув'язування рефлексивних реакцій оператора і його психофізичного стану з ваговими коефіцієнтами операцій та ймовірностями похибок.

4. В цілях дослідження, відбору і підготовки операторів застосування геометричних моделей є продуктивним, проте слід вказати на труднощі.

А. Поряд із добре розробленими розділами, такими, як статистична обробка, є й такі, що потребують особливого математичного апарату. До них відноситься моделювання сенсорного (суб'єктивного) простору. Звичайно він розглядається як *абстрактна множина елементів структури особистості з заданими, що мають подвійну (об'єктивну і суб'єктивну) детермінацію, відношеннями*. Реальний же суб'єктивний простір має такі відмітні риси:

- не виконуються метричні аксіоми: симетрії ($d(x,y)=d(y,x)$) і трикутника ($x,y,z \in M \rightarrow d(x,y)+d(y,z) \geq d(x,z)$); можна навести приклади невиконання аксіоми тотожності ($d(x,y)=0 \Leftrightarrow x \equiv y$).

- наявні різноякісні, змінювані елементи, небінарні і неадитивні операції;
- змінною є розмірність і організація простору при збереженні цілісності;
- дуже важливе значення мають зовнішні зв'язки.

Найчастіше характеристики представляються в багатовимірному евклідовому просторі; зв'язки виражаються через функціональні залежності або за допомогою номограм. При цьому заздалегідь передбачається виконання метричних аксіом, незмінність розмірності і фіксованість зовнішніх зв'язків, що не відповідає дійсності і негативно відбивається на точності оцінок.

Б. У наявних методиках професійного відбору наголос робиться на визначенні відповідності операторів отриманим з досвіду експлуатації фаховим і психофізіологічним характеристикам. Для представлення результатів найчастіше використовуються системи віднесення, основані на декартових координатах, що ігнорує їх *різну вагу і неадитивність*. Опрацювання результатів зводиться до статистичного групування і наступного відбору операторів і *не пов'язується з функціональною моделлю ЕС в цілому*. Набір і параметри контрольованих характеристик, а також вагові коефіцієнти не узгоджуються з умовами цілісності. Прогноз поведінки операторів при виникненні непередбачених ситуацій при експлуатації нових ЕС не може бути оцінений як надійний.

В. Аналогічні проблеми виникають при розробці методик підготовки і контролю діяльності операторів. Відзначимо, що процес навчання *не розглядається з позицій цілісності системи знань*.

Отже, існуючі методи геометричного моделювання в цій галузі потребують серйозного вдосконалення, можливого на основі теорії систем. Відповідні дослідження мають як теоретичне, так і вагоме практичне значення.

Проектування обладнання. Відзначимо актуальні питання.

1. Удосконалення компоновання інформаційної та управляючої підсистем, що є окремим випадком задачі оптимального розміщення об'єктів. Такі задачі розглядалися в ряді робіт з прикладної геометрії, проте *без урахування відкритості, неоднорідності, самоорганізації*, тощо.

2. Проектування інтерфейсу є ключовим для забезпечення інформаційної сумісності, можливої лише при формуванні в уяві оператора цілісного образу керованого процесу. Прикладом є образ польоту, який включає, крім сприйнятих і перероблених в свідомості показників приладів, відчуття прискорень, інтуїтивні передбачення, психоемоційні стани, цільовий образ і моделі можливих дій, тобто *неоднорідні, незрівнянні, неадитивні* компоненти. При виборі форми подачі даних необхідно забезпечити їх узгодженість між собою і з компонентами образу управління, тобто мати *цілісну модель*.

3. Естетичний вплив має бути засобом керування психоемоційним станом оператора. Існуючі методики застосування різноманітних компонентів естетичного впливу *розрізнені і не містять прогнозів техніко-естетичної сумісності, стану оператора і рівня безпеки ергатичної системи*. Не можна вважати вирішеною *проблему оцінки естетичності готових систем*. Застосовані методи експертних оцінок базуються на системах показників, не пов'язаних з предметно-функціональними діями оператора і методиками професійного відбору, що ро-

бити оцінки односторонніми і непоказовими. Ранжирування і ув'язка показників можливі лише в рамках *загальної моделі ЕС*.

4. Для САПР обладнання слід створювати забезпечення, яке дозволить працювати з загальними моделями ЕС; врахування неформалізованих факторів мають підтримувати системи інтелектуальних помічників з функціями пошуку проектних рішень, підказування, модифікації рішень-аналогів.

Таким чином, справа зводиться до *побудови геометричного апарату, адекватного цим факторам, в рамках досліджень теорії систем*.

Моделювання взаємодій включає: формалізацію відношень компонент – система на базі теоретико-множинних уявлень; визначення зв'язків елементів як функцій; взаємодій як операцій; закономірностей змін як функторних перетворень вихідної моделі при визначених обмеженнях. Зіставлення з реальними властивостями систем призводить до висновку про невідповідність:

- відношень система – компонент (*пріоритет системи, її емерджентність* (цілісність)) і теоретико-множинних (*пріоритет елементів, адитивність множин*);
- *динамічності* зв'язків системи в процесі еволюції під дією зовнішніх і внутрішніх чинників і *статичності* апарату відображень, що не має достатніх засобів автокорекції й *врахування зовнішніх чинників*;
- *небінарності і неадитивності* реальних взаємодій і *бінарності та адитивності* арифметичних і теоретико-множинних операцій.

Такі суперечності стимулюють розвиток теорії перетворень, зокрема, розшарування перетворень, побудови нових конструктивних схем, дослідження інваріантів і можливостей аналітичного опису.

Висновки. Проведений огляд показав, що потреби ергономіки перекликаються з актуальними проблемами прикладної геометрії і стимулюють розвиток майже всіх її напрямків як на фундаментальному, так і на прикладному рівнях. В свою чергу, коректне застосування геометричного моделювання є засобом суттєвого поліпшення ергономічних показників. Таким чином, ергономіка потенційно є однією із основних галузей впровадження досягнень нашої спеціальності, і слід вітати роботи, які реалізують ці можливості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ковалев Ю.Н. Геометрическое моделирование эргатических систем: разработка аппарата.-К.:КМУГА,1996.-134
2. Ковалев Ю.Н. Эргономическая оптимизация управления на основе моделей С- пространства.-К.:КМУГА, 1997.-152 с.
3. А.В. Павлов, В.В. Ванін, Ковальов Ю.М. Оптимізація як самоорганізація: проблеми геометричного моделювання //Прикл.геом. та інж.графіка.-К.: КНУБА,1999.-Вип.65.-С.8-12
4. Ковальов Ю.М. Геометричне моделювання та оптимізація ергатичних систем на основі теорії са-моорганізації С- простору. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.01.01/ К.:КМУЦА, 1998.-32 с.
5. Кавун Ю.М. Організація візуального комфорту оператора засобів транспорту за геометричними параметрами. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.01.01/ ДДТУ.-К.,1994.-30 с.
6. Васильев В.И. Распознающие системы.-К.:Наукова думка, 1983.-422 с.