

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМ: ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ

Київський державний технічний університет будівництва і архітектури

Поширеність і тиражованість ергатичних систем (ЕС), масштабність вирішуваних ними задач, збільшення тяжкості наслідків аварій – ось головні фактори, завдяки яким питання створення надійних, безпечних і якісних систем стають пріоритетними при визначенні напрямків науково-технічного поступу. Зростаюча кількість катастроф, широко освітлюваних у світовій пресі, показує, що не все гаразд і у практиці проектування, і в теоретичних дослідженнях. Особливу вагу порушена проблема має для України, на порівняно невеликій території якої зосереджений значний потенціал небезпечних виробництв. Про розуміння цього в урядових колах свідчать три Постанови Кабінету Міністрів, видані за останні півтора року.

Отже, є всі підстави вважати розробку методів оптимізації ЕС важливою і актуальною народногосподарською задачею і поставити питання про роль геометричного моделювання в її вирішенні. Для цього слід проаналізувати наявні здобутки і визначити, в яких напрямках слід працювати далі і що це може дати для розвитку самої прикладної геометрії.

До кола задач, де доцільним є застосування геометричних методів, відносяться: оптимізація компонування ЕС та окремих підсистем; поліпшення техніко-естетичних якостей обладнання; моделювання та оптимізація функціональної діяльності операторів; представлення та обробка даних психофізіологічних досліджень; вдосконалення взаємодій оператора з виробничим середовищем; оптимізація та автоматизація окремих етапів проектування.

При цьому повинні враховуватись властивості ЕС як систем з наявністю людського фактору. До їх числа входять: *цілісність, неадитивність, відкритість, самоорганізація системи, еволюція з поступовими накопиченнями змін, якісними переходами; неоднорідність, непорівнянність, незвідність компонентів і параметрів; синергія, вибірковість, нелінійність, наявність порогового ефекту взаємодій.*

На сьогоднішній день проблема геометричного моделювання ергатичних систем не представлена у вигляді окремого напрямку. Проте існує певна традиція розробки засобів, які застосовувались, або можуть застосовуватись для розв'язання деяких задач. Вкажемо, зокрема, на:

- дослідження меж придатності геометричних методів для задач моделювання складних систем [1]. Однак, в цих роботах *не ставилася задача розробки спеціального геометричного апарату, який би дозволяв проводити комплексну оптимізацію ЕС;*

- моделювання взаємодії людини з навколишнім середовищем з урахуванням чинників сприйняття [2]. Ці роботи не були націлені на розв'язання ергономічних проблем і не мають засобів визначення факторів, *що мають різну вагу, або є незрівнянними*;
- роботи в галузі розпізнавання образів [3], спрямовані на розробку алгоритмів автоматичного розпізнавання. *Задача моделювання людського розпізнавання в них не ставилася*;
- вдосконалення візуального комфорту операторів [4]. Ці роботи є досить спеціалізованими; *зокрема, в них не були враховані, наприклад, вплив кольору, синергія (сумісна дія) різнорідних факторів, тощо*;
- дослідження законів композиції, в тому числі для технічних форм [5]. *Не розглядався зв'язок з психоемоційним станом людини, вплив кольору, синергія кількох факторів, тощо*, тому результати можуть бути використані лише для окремих етапів оптимізації, зокрема при дизайнерській проробці рішень.
- автоматизацію проектування [6]. Ці результати *можуть бути використані при розробці підсистеми графічного проектування на наочних зображеннях*, але не для визначення специфічної структури бази даних, евристик пошуку варіантів рішення, оцінки рішень, тощо.

Крім того, такі питання, як побудова зображень, в тому числі багатовимірних об'єктів, моделювання освітлення і т.д., постійно розглядаються в роботах з прикладної геометрії, але не для ергатичних систем.

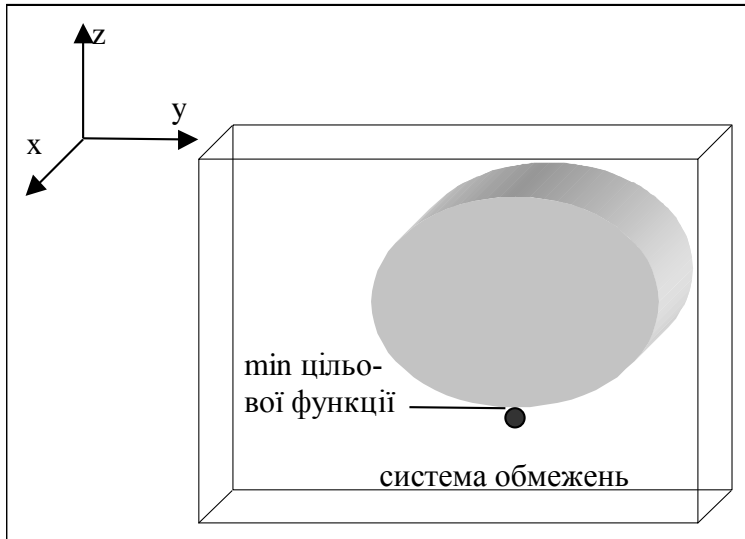
Отже, перспектива розвитку геометричного моделювання ЕС вбачається у двох напрямках – 1) удосконалення і застосування існуючих методів для хоча й важливих, але окремих задач, і 2) розробка універсального, адекватного до властивостей ЕС, апарату моделювання і оптимізації.

Порівняння цих підходів приводить до такої констатації. Оскільки для окремих задач можливі наближення, які в певній мірі ігнорують наведені вище властивості, потрібна саме модифікація, але не докорінна зміна існуючих методів. Отже, шлях до практичного впровадження в цьому випадку коротший, проте і розробки більш прикладні, і відтак навряд чи можуть привести до нових теоретичних результатів. В другому ж випадку шлях до впровадження більш тривалий, але, оскільки розробка повинна розпочинатись з аксіоматичної фіксації властивостей ЕС, можлива поява нових напрямків і методів досліджень.

Останнім часом роботи, які реалізують другий підхід, вже вийшли зі стадії теоретичних досліджень [7] на рівень прикладних задач [8]. Таким чином, є змога порівнювати переваги і недоліки підходів вже на прикладному рівні. Розглянемо, як вони проявляються при розв'язанні *задачі багатокритеріальної умовної оптимізації з неоднорідними критеріями*, яка неодмінно виникає при спробах забезпечити якість, надійність і безпеку ЕС.

При використанні існуючих методів прикладної геометрії, послідовність дій така (рис.1):

1. Визначення простору параметрів (на рис. – E^3);



2. Представлення граничних умов (на рис. – грані, які обмежують об'єм припустимих значень параметрів);
3. Формалізація та визначення узагальненої цільової функції (на рис. – поверхня);
4. Пошук екстремуму цільової функції, який, якщо це не суперечить граничним умовам, відповідає оптимальному співвідношенню параметрів (на рис. – саме такий випадок).

Рис. 1.

В ході реального проектування виникають такі проблеми:

1. Коректне визначення кількості і ваги параметрів, приведення їх до безрозмірної форми; обґрунтованість відкидання другорядних параметрів; визначення розмірності і метрики простору – все це залишається неформалізованим і не позбавленим суб'єктивних уподобань [9].

2. Те ж саме відноситься і до визначення обмежень.

3. Постановка оптимізаційної задачі (загальна, умовна, за Парето, тощо), формалізація цілі оптимізації, вибір критеріїв, визначення цільових функцій та їх вагових коефіцієнтів, крім зазначених складнощів, можливі лише за умови ігнорування *незрівнянності критеріїв, змінності ваги і неадитивності залежностей* між ними [9] в процесі еволюції системи, що не відповідає дійсності.

4. Загальновідомими є труднощі, з якими стикається пошук екстремумів узагальненої цільової функції, якщо кількість параметрів є великою, а функція і граничні умови – складними. З цих причин широко використовуються методи апроксимації (квадратична, поліноміальна, за допомогою сплайнів, тощо [9]) і чисельні методи розрахунку, які породжують проблему збіжності і доповнюють перелік передумов положеннями, неадекватними властивостям ЕС (наприклад, редукція суперечить неадитивності і т.д.).

Розглянемо, як вони усуваються при використанні другого підходу, після аксіоматичної фіксації властивостей ЕС і побудови теорії самоорганізації.

1. Кількість і вага параметрів, розмірність простору змінюються в ході самоорганізації, сценарій якої визначають зовнішні умови. Для їх підрахунку на окремому етапі проектування досить задати потрібну кількість кроків самоорганізації і скористатись відповідними передбаченнями. При цьому параметри виражаються в умовних однорідних одиницях;

2. Проблема обмежень зводиться до калібрування моделі – процедури експериментальної прив'язки умовних значень параметрів до фізичних одиниць виміру і діапазонів нормативних значень. Наприклад, розміри визначаються за умов дотримання техніки безпеки, за антропометричними характери-

стиками, тощо. Неадитивність дозволяє вводити в єдину модель різнорідні дані;

3. Умови цілісності моделі стають формальним вираженням цілі оптимізації; оскільки ціль є явно вираженою, кількість варіантів проектних рішень, які потрібно висувати і порівнювати, скорочується. При цьому окремі цільові функції виражають відхилення висунутих варіантів рішень від «ідеальної» моделі для кожного з рівнів організації. Вагові коефіцієнти окремих функцій обчислюються, виходячи з місця кожного з елементів і рівнів в загальній організації системи. Узагальнена цільова функція виражається лінійною комбінацією окремих цільових функцій; найкраще рішення відповідає її мінімуму.

4. Оскільки кількість варіантів, що розглядаються, є невеликою, існує можливість їх порівняння шляхом прямого обчислення цільових функцій. Таким чином можна уникнути труднощів розв'язання мінімаксної задачі.

Отже, оптимізація значно спрощується.

Така стратегія була реалізована при розробці ергономічних рекомендацій щодо різних сторін проектування і оцінки обладнання, відбору та діяльності операторів [8]. При цьому використовувалися єдині методичні засади і єдиний апарат моделювання, що концептуально відповідає умовам цілісності і неадитивності систем. Для однієї з задач – проектування пульта криогенної паливної системи – розроблено демонстраційну програму СОМР, яка ілюструє хід оптимізації. Окремі модулі виконують такі завдання: вибір орієнтації пульта; евристичного пошуку варіантів компоновання; визначення пропорцій зон розміщення приладів і самих приладів; проробку колористичних рішень, засобів кодування і підказів; обчислення розмірів; визначення цільових функцій; сервісні операції, в тому числі з прообразом бази даних.

Модулі розроблені в середовищі DELPHI 3 і працюють в ОС Windows 95.

Підбиваючи підсумки, зазначимо, що проблема моделювання ЕС, відносно нова для прикладної геометрії, є багатообіцяючою, оскільки створює передумови як для вдосконалення існуючих методів, так і для розробки нових, «постачаючи» дослідників великою кількістю різнопланових актуальних задач.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вальков К.И. Математическое моделирование сложных систем и принцип инвариантной неопределенности //Вопросы геом. моделирования, Л., 1973.-Вып.80.-С.5-55
2. Высоцкий А.Н. Геометрическое моделирование структуры чувственного пространства человека //Прикл. геом. и инж. графика.-К.:КГТУСА,1994.-Вып.57.-С.77-81
3. Куценко Л.Н. Теоретические основы и геометрические приложения метода А-изображений. Дис. ... д.т.н.-Х.,1992.-653 с.
4. Кавун Ю.М. Организация визуального комфорта оператора средств транспорта по геометрическим параметрам. Автореферат дис. ... д.т.н.-М.:МАДИ,1989.-33 с.
5. Яковлев Н.И. Графическое моделирование уровней соподчиненности элементов композиции в архитектурно-художественном формообразовании.Дис. ...к.т.н.-К.,1992.-259 с.
6. Сазонов К.А. и др. САПР Intear 3.0. Новые функциональные возможности.- //Прикл. геометрия и инж. графика.-К.: КГТУСА,1996.-Вып.59.-С.30-33
7. Ковалев Ю.Н. Геометрическое моделирование эргатических систем: разработка аппарата. К.:КМУГА, 1996.-134 с.

8. Ковалев Ю.Н. Эргономическая оптимизация управления на основе моделей С-пространства.-К.:КМУГА,1997.-152 с.
9. Воронин А.Н., Зиатдинов Ю.К., Харченко А.В. Сложные технические и эргатические системы: Методы исследования /Под ред. Воронина А.Н.-Х.:Факт,1997.-240 с.