

УДК 004.9:621



Г.В. Носова,
викладач,
Херсонський
політехнічний
коледж Одеського
національного
політехнічного
університету
nos_gal@mail.ru



О.В. Свириденко,
викладач,
Херсонський
політехнічний
коледж Одеського
національного
політехнічного
університету
svyrydenko.ev@ukr.net

ФОРМАЛЬНІ ПІДХОДИ У ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕТАПІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО 3D ПРОЕКТУВАННЯ

Г.В. Носова, О.В. Свириденко.
Формальні підходи у вирішенні завдань багатокритеріальної оптимізації етапів автоматизованого 3D проектування.
Проаналізовано існуючі методи оптимізації 3D моделювання. Представлений підхід дозволяє в реальному часі виконувати коригувальні дії в режимі людино-машинного взаємодії САПР систем.

G.V. Nosova, A.V. Sviridenko.
Formal approaches in the vortex-tion tasks multi-criteria optimization of automated 3D design stages.
Analyzed the existing methods of optimization of 3D modeling. The approach allows real-time corrective action mode four-rights-machine interaction CAD systems.

Вступ. Вирішення багатьох завдань автоматизованого 3D-проектуювання деталей машинобудування зіштовхується з потребою в оптимізації цих процесів на основі певних критеріїв ефективності. Така оптимізація, як правило, є багатокритеріальною, її основною особливістю є наявність множини недомінуючих рішень, кожне з яких може бути обрано як оптимальне [1].

Дослідження показують, що об'єктивний вибір одного компромісного рішення в 3D моделюванні ґрунтується на знаннях ОПР, що припускає людино-машинну процедуру прийняття рішень [2].

Специфіка предметної області автоматизованого проектування передбачає вибір однокрокових і багатокрокових методів прийняття рішень.

Основний матеріал дослідження. Однокрокові методи, передбачають отримання в ході їх виконання однієї-єдиної компромісної точки (множини Парето), яка і вважається оптимальною [3]. Для отримання цієї точки в переважній більшості однокрокових методів задача векторної оптимізації перетворюється у завдання з одним критерієм

ефективності. Існують однокрокові методи головного критерію, узагальненого критерію та цільового програмування.

1) Метод головного (основного) критерію. Вихідна задача векторної оптимізації зводиться до задачі оптимізації по одному з критеріїв $f_l(\bar{x})$, який вважається найважливішим (головним), за умови, що значення інших критеріїв $f_i(\bar{x})$ повинні бути не менше деяких встановлених величин f_i^y , тобто вирішується завдання:

$$\max_{\bar{x} \in \bar{X}} f_l(\bar{x}), f_i(\bar{x}) \geq f_i^y, i \in I, i \neq l,$$

де $f_i(\bar{x})$ i -й критерій ефективності; I - множина критеріїв ефективності; \bar{x} – варійовані параметри; \bar{X} – множина допустимих значень параметрів 3D-моделі.

2) Методи узагальненого критерію та цільового програмування. Сутність цих методів полягає в тому, що векторний критерій \bar{F} згортається в одну функцію, яка називається узагальненим критерієм. У цих методах ОПР вибирає не конкретне рішення, а узагальнений критерій у вигляді типової 3D-моделі, на підставі якого буде обрано оптимальне рішення [4].

У результаті цього отримане рішення вважається оптимальним в сенсі обраного узагальненого критерію. Тут ОПР абстрагується від безпосередніх значень критеріїв і оперує тільки з їх нормалізованими значеннями. Таким чином отримуємо уніфіковану деталь з відповідною специфікацією виробу та довідковою документацією [5].

Так, для критерію гарантованого результату оптимальна точка є рішенням наступної задачі:

$$\max_{\bar{x} \in \bar{X}} \min_{i \in I} \alpha_i \lambda_i(\bar{x}),$$

де α_i - коефіцієнт значимості i -го критерію,

$\lambda_i(\bar{x})$ – нормалізоване значення i -го критерію.

Виходячи зі сказаного потрібна адитивна згортка критеріїв, де знаходження оптимальної точки є рішенням задачі:

$$\max_{\bar{x} \in \bar{X}} \sum_{i=1}^I \alpha_i \lambda_i(\bar{x}),$$

$$\max_{\bar{x} \in \bar{X}} \sum_{i=1}^I \alpha_i [\lambda_i^*(\bar{x}_i) - \lambda_i^*(x_i)]^{1/r},$$

де $\lambda_i^*(\bar{x}_i)$ – нормалізоване значення i -го критерію в точці його оптимуму x_i^* .

З аналітичного рішення, бачимо, що однокрокові методи хороші тим, що дають єдине рішення. Однак складність даних методів полягає в тому, що для вирішення рівнянь необхідно обрати найбільш кращий критерій ефективності, що не завжди можливо зважаючи на стохастичну або ж нечітку невизначеності в автоматизованому проектуванні. Також слід врахувати, що нормалізація функцій знижує точність розрахунку. Такі методи доцільно застосовувати у випадках явно характерних традиційним алгоритмам проектування і застосування популярних 3D операцій [6].

Завданням даної статті є зменшення негативного впливу людського фактора в особі ОПР на об'єктивний результат нестандартного 3D моделювання.

Призначення коефіцієнта значущості рішення ОПР істотно підвищує ймовірність прийняття рішення наближеного до оптимального, однак тягне за собою ряд процесів ранжирування і кваліметрії в експертній оцінці [7]. Таким чином, ОПР обирає потрібне йому рішення з множини Парето ґрунтуючись на власному досвіді без підкріплення рекурентного зв'язку коригувальних впливів в термінах задач дослідження операцій.

При дослідженні багатокрокових методів, була виявлена специфіка, яка полягає в тому, що ОПР здійснює перебір компромісних варіантів з метою вибору проектного рішення, яке найкращим чином задовольняє його досвід та знання. Для отримання ланцюжка компромісних рішень використовуються вже розглянуті вище однокрокові методи. ОПР отримує компромісний варіант рішення, оцінює її, і на підставі цієї оцінки шукає наступний компромісний варіант, поки одне з рішень не задовольнить ОПР. В САПР системах можлива демонстрація фантома зміни форми деталі у разі застосування 3D операції із заданими параметрами (Рис. 1).

Однак багатокрокових фантомів з розрахунком ланцюга можливих двох і більше операцій не існує.

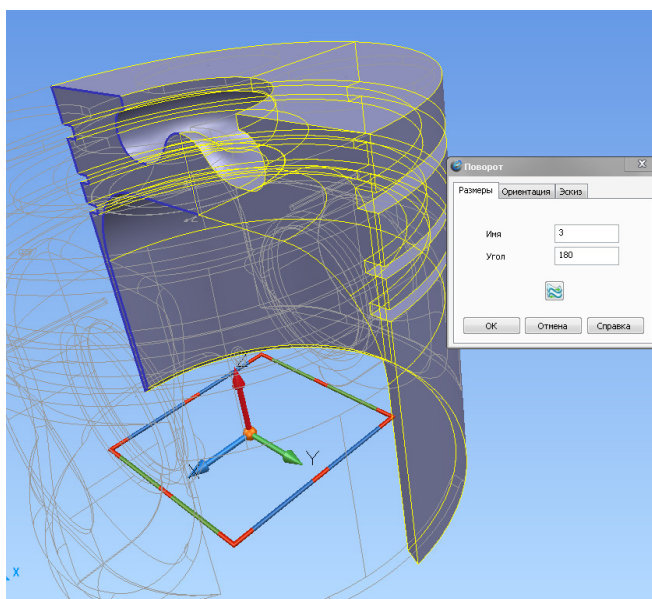


Рис. 1. Фантомне зображення параметризованої деталі поршня

Враховуючи зазначені вище особливості, неспроможність сучасних САПР перекладає на ОПР задачу завдання багатокрокового напрямку подальшого пошуку на множині компромісних рішень шляхом зміни значень коефіцієнтів значимості критеріїв щодо можливих підсумкових проектних рішень [8].

Складність полягає в тому, що обґрунтовано змінити значення коефіцієнтів важливості критеріїв досить часто не представляється можливим. У такому випадку одержуваний проміжний результат буде так само випадковий, як і вибір самих коефіцієнтів тому що ОПР діє інтуїтивно [9].

Підвищити рівень формалізації і зменшити ентропію процесу прийняття рішень можливо шляхом введення глобальної функції переваг, яка не задана в явному вигляді.

Спростивши для ОПР вибір узагальненого критерію, методи вимагають від нього оцінки на кожному кроці пошуку значень коефіцієнтів відносної значимості критеріїв - μ_{ij} , які розраховуються як відношення величини прирощення значення i -го критерію, компенсуючого мале зменшення значення j -го критерію, до величини цього зменшення. Що вельми підвищує вимоги до знань ОПР.

Практика показує, що в подібних випадках слід застосувати лінгвістичні змінні: "відмінно", "добре", "достатньо", "погано". Далі, здійснюється перетворення лінгвістичних оцінок в значення коефіцієнтів відносної значимості критеріїв - μ_{ij} . Для цього ОПР ще до початку рішення задачі векторної оптимізації повинен побудувати алгоритм перекладу лінгвістичних оцінок в значення μ_{ij} . Алгоритм слід будувати на підставі функцій приналежності в термінах нечітких систем.

Підвищенню адекватності запропонованих моделей сприяє експертне ранжування критеріїв за важливістю і на кожному кроці пошуку компромісного рішення призначати допустимі флуктуації на значення критеріїв [10]. У загальному випадку нижня межа множини значень $(i - 1)$ -го критерію, встановлена ОПР на i -му кроці, може зробити порожнім множину Парето і подальший пошук компромісної точки стане безглуздим. Тому на кожному кроці потрібно коректування всіх раніше призначених границь на значення критеріїв. Ранжування критеріїв, що не диктуються об'єктивними умовами завдання, є дуже серйозними вимогами до знань ОПР.

Розглянуті вище види інформації про переваги, одержуваної від ОПР, для задач прийняття рішень в задачах оптимізації проектних рішень вимагають від ОПР високої кваліфікації у відповідній предметній області в 3D моделюванні.

Ситуація зводиться до того, щоб ОПР на кожному кроці уточнював необхідні значення всіх критеріїв. На підставі цього уточнення область компромісних операцій в моделюванні звужується до найбільш пріоритетної. Процедура вимагає від ОПР постійно змінювати свої переваги, і компромісна точка, отримана в результаті рішення задачі векторної оптимізації, може значно відрізнятись від необхідної спочатку. У цій ситуації доцільно внести функцію навчання інтелектуальної експертної системи, надалі автоматизувавши ділянки алгоритму проектування.

У формальному поданні завдання векторної оптимізації автоматизованого 3D проектування зводиться до ряду наступних етапів:

$$1. f_i(\bar{x}) \rightarrow \max, \quad i = 1, \dots, n, \quad \bar{x} \geq 0, \\ \bar{x} \in \bar{X}$$

где $f_i(\bar{x})$ - критерії ефективності проектування 3D, які оптимізуються; \bar{x} - варійовані параметри моделювання;

\bar{X} - множина допустимих значень параметрів.

Для простоти викладу всі критерії необхідно максимізувати.

2. Далі знаходиться оптимальне значення кожного критерію окремо за наявності обмежень зазначених ОПР.

В результаті отримуємо сукупність рішень $f_i^*(\bar{x}_i)$, $i = 1, \dots, n$.

Через \bar{x}_i позначений вектор значень параметрів, відповідний оптимальному значенню критерію f_i^* .

3. У точках \bar{x}_i обчислюються значення всіх інших критеріїв $f_i(\bar{x}_k)$, $k=1, \dots, n$; $i = 1, \dots, n$, $k \neq i$.

4. З отриманих значень формуємо матрицю Φ розмірністю $n \times n$:

$$\Phi = \begin{vmatrix} f_1^*(\bar{x}_1) & f_2^*(\bar{x}_1) & \dots & f_n^*(\bar{x}_1) \\ f_1^*(\bar{x}_2) & f_2^*(\bar{x}_2) & \dots & f_n^*(\bar{x}_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_1^*(\bar{x}_n) & f_2^*(\bar{x}_n) & \dots & f_n^*(\bar{x}_n) \end{vmatrix}$$

5. Матриця розбивається на вектора-стовпці:

$$\bar{V}_i = \begin{vmatrix} f_i^*(\bar{x}_1) \\ \dots \\ f_i^*(\bar{x}_i) \\ \dots \\ f_i^*(\bar{x}_n) \end{vmatrix}$$

Для кожного вектора \bar{V}_i знаходиться мінімальний елемент $f_i^*(\bar{x}_i)$.

Враховуючи, що при розв'язанні будь-якої задачі векторної оптимізації оптимальне рішення обов'язково повинно належати множині компромісних точок, доцільно обмежити простір пошуку оптимального рішення границями.

$$f_i(\bar{x}) \in [\min f_i(\bar{x}_k), f_i^*(\bar{x}_i)], \quad i = 1, \dots, n.$$

При цьому зауважимо, що першим доцільно вибрати найбільш

важливий для ОПР критерій. Всі інші критерії доцільно розташувати в порядку спаду важливості.

Виконання зазначеного циклу здійснюється n разів. В кінці кожного циклу ОПР задає необхідне значення чергового критерію.

Тоді має місце рішення наступного завдання:

$$f_i(\bar{x}) \rightarrow \max, \\ \bar{x} \in \bar{X}$$

$$\bar{x} \geq 0,$$

$$f_1(\bar{x}) = f_1^{tp},$$

У цьому циклі, на відміну від попередніх $n - 1$ циклів, критеріальні обмеження змінені: рівності замінені нерівностями. Зміна викликана наступною необхідністю.

$$f_i(\bar{x}) \geq f_i^{tp}, \quad i = 1, \dots, n-1, \\ \bar{x} \geq 0.$$

В даному випадку, можливо, що умови перебування компромісної точки призводять до зниження ймовірності оптимального рішення.

$$f_1(\bar{x}^0) = f_1(\bar{x}_r^*) = f_1^{tp}, \\ f_i(\bar{x}^0) \geq f_i(\bar{x}_r^*), \quad i = 2, \dots, n, \\ f_i(\bar{x}_1^{tp}) = f_i(\bar{x}_1^*), \quad i = 1, \dots, n-1, \quad \text{т} \quad \bar{F}_1^{tp}(\bar{x}_1^{tp}) = \bar{F}_1^*(\bar{x}_1^*)$$

Якщо дані умови не виконуються, то завдання автоматизованого проектування може не мати компромісної точки, внаслідок того що множина компромісних точок може розриватися. Враховуючи, що при вирішенні на практиці задачі векторної оптимізації не завжди до рішення задачі здійснюється перевірка критеріїв у допустимій множині параметрів, необхідно після отримання точки перевірити її на приналежність множині компромісних точок.

Висновок. Таким чином, застосування запропонованої системи прийняття рішень, з погляду трудомісткості, доцільніше для задач векторної оптимізації з кількістю критеріїв $n = 2+1$, що дозволяє в реальному часі здійснювати корекцію динаміки автоматизованого проектування.

Література

1. Косенко, Ю.І., Носов, П.С., Яковенко, Є.О. Використання ланцюгів Маркова для прогнозування колективної мотивації студентів [Текст] // Східно – європейський журнал передових технологій. — Харків: Технол. центр, 2010. — № 3/4 (45). — С. 30 – 32.
2. Сафонова, Г. Ф. Аналіз існуючих САПР конструювання та моделювання одягу [Текст] / Г. Ф. Сафонова // Збірник наукових праць. Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2013. – Вип. 3 (4). – С. 76–83.
3. Яковенко, О.Є. Моделі та методи контролю знань в автоматизованій системі управління навчальним процесом: автореф. дис.. канд. техн. наук: 05.13.06 / О.Є. Яковенко. – О: Одес. нац. політехн. ун-т, 2006. – 19 с.
4. Яковенко, В.Д. Формалізація вимог до системи автоматизованого управління навчальним закладом [Текст] / Яковенко В.Д., Гогунський В.Д., Нарожний О.В. // Матеріали XVI Семінара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». — Одесса: ОНПУ, 2008. — С. 9 — 12.
5. Тесленко, П.А. Траектория развития проекта как организационно-технической системы в многомерном пространстве переменных / П.А. Тесленко, В.Д. Гогунский // Тези доповідей VI міжнародної конференції "Управління проектами у розвитку суспільства" // Відповідальний за випуск С.Д.Бушуєв. – К.: КНУБА, 2009. – С. 188-189.
6. Nosov, P.S., Yalansky, A.D., Iakovenko, V.O.. 3D modelling of rehabilitation corset with use of PowerSHAPE Delsam // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. Збірник наукових праць [Текст]. — Вип. 1(2) — Одеса: Наука і техніка, С. 222-231.
7. Яковенко, В.Д., Ускач, А.Ф., Носов, П.С. Алгоритм визначення узагальненого показника ефективності якості навчання // Міжнародна науково-практична конференція „Наука в інформаційному просторі”: Збірник наукових праць. – Том 2. Дніпропетровськ: ПДАБА, 2007. — С. 85 – 87.
8. Гогунский, В.Д. Управління ризиками в проектах з охорони праці як метод усунення шкідливих і небезпечних умов праці [Текст] / В.Д. Гогунский, Ю.С. Чернега // Вост.-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. - №1/10 (61). – С. 83 – 85.
9. Гогунський, В.Д. Визначення ядер знань на графі компетенцій проектних менеджерів [Текст] / В.Д. Гогунський, Д.В. Лук'янов, О.В. Власенко// Вост.-Европ. журнал передових технологій. - № 1/10 (55). – Харьков : Технолог. центр, 2012 – С. 26 – 28.
10. Нарожный, А.В. Создание программно-инструментальных средств для автоматизированной системы принятия решений в условиях дистанционного обучения [Текст] / А.В. Нарожный, А.Е. Яковенко, В.Д. Гогунский// Матер. міжнар. наук.-практ. конф. „Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я.” Матеріали МНПК "MicroCAD". – Харків: НТУ“ХПІ”, 2005. – С. 447 – 452.

Надійшла до редакції 1.12.2015