

УДК 514.18

Холковський Ю.Р.<sup>1</sup>

канд. техн. наук, доцент,

Національний авіаційний університет, м. Київ

## МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАНДАРТНИХ АРХІТЕКТУРНИХ ФОРМ НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНО-ІНТЕРПОЛЯЦІЙНОГО МЕТОДУ

*Анотація: У даній роботі розглядаються питання геометричного моделювання складних криволінійних архітектурних форм у вигляді поверхонь. Актуальність даної роботи полягає у розробці оптимальних методів геометричного моделювання об'єктів у вигляді поверхонь із наперед заданими умовами в зв'язку з суттєвим підвищенням сучасних вимог щодо якості кінцевих результатів моделювання та подальшого проектування таких об'єктів. Геометричні моделі складних архітектурних форм пропонується побудувати на основі нетрадиційного дискретно-інтерполяційного підходу, сутність якого полягає у тому, що під вузлом інтерполяції розуміється не точка, а більш складний математичний об'єкт.*

*Ключові слова: однопараметрична множина, інтерполяція, вузол інтерполяції, дискретно задані функції, архітектурна форма, поверхня.*

**Постановка проблеми.** Задачі геометричного моделювання різноманітних криволінійних поверхонь часто вирішуються при проектуванні різного роду складних архітектурних форм. У багатьох випадках із різних технічних та технологічних причин неможливо отримати континуальну їх модель. Мова може йти про побудову тільки дискретної математичної моделі. Також суттєвими є питання її адекватності та відповідності деяким необхідним наперед заданим умовам щодо, наприклад, параметрів та форми. Саме остання й є тим чинником, що пов'язаний із архітектурно-дизайнерськими задумами щодо майбутнього об'єкту. Побудова дискретних

---

<sup>1</sup> © Холковський Ю.Р.

геометричних моделей складних архітектурно-дизайнерських форм із наперед заданими умовами є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень.** Геометричне уявлення архітектурних форм (будівель, споруд) є найважливішою частиною архітектурного проектування, відображає авторський задум (концептуальну композицію певного архітектурного простору), визначається просторовими характеристиками об'єкта, висловлює його художні (естетичні) якості. Актуальність проблеми геометризації проєктованих об'єктів визначається сучасними вимогами якісного моделювання складних просторових форм, особливо в контексті візуалізації моделі. Наприклад, у роботах [1-3] та багатьох подібних наведені окремі випадки моделювання архітектурних форм. Проте раціональні алгоритми їх побудови, особливо з врахуванням певних наперед заданих умов практично відсутні. Звідки і випливають наступні цілі дослідження.

**Формулювання цілей статті.** Метою даної роботи є розробка та побудова дискретних геометричних моделей складних криволінійних архітектурних форм у вигляді поверхонь із врахуванням певних наперед заданих щодо форми умов на основі оригінального дискретно-інтерполяційного методу для їх подальшого раціонального проєктування, експертного оцінювання та побудови.

**Основна частина.** При моделюванні складних архітектурних та технічних криволінійних форм, що не піддаються аналітичному опису, доцільно використовувати дискретний підхід із використанням відповідних каркасів (точкових чи лінійних) певних поверхонь. Такі моделі є універсальними й оптимально краще підходять для подальшого моделювання, проєктування та попередньої експертної оцінки.

Для вирішення поставлених задач пропонується використати інтерполяційні схеми на основі поліномів Лагранжа для отримання дискретних геометричних моделей певних криволінійних поверхонь, як прототипів певних технічних об'єктів [4].

Оптимальність вибору інтерполяційних поліномів Лагранжа, на думку автора статті, серед відомої кількості інших

поліномів пов'язана, в першу чергу, з необов'язковим рівномірним розташуванням вузлів інтерполяції, можливістю представлення по кожній змінній своєї кількості вузлів інтерполяції, особливо у випадках n-вимірної інтерполяції.

У роботі пропонуються інтерполяційні схеми, що дозволяють отримати складні криволінійні форми у вигляді поверхонь, заданих дискретно [4, 5].

Оригінальність та нетрадиційність дискретно-інтерполяційного підходу, що розглядається, полягає у тому, що під вузлами інтерполяції розуміються, зазвичай, не точки, а більш складні математичні об'єкти, наприклад, лінії та поверхні, що представлені у вигляді деяких функціоналів, як сукупності їх властивостей та параметрів. Надалі під схемою інтерполяції будемо розуміти схему розташування саме таких її вузлів [5, 6].

Однопараметричні множини, отримані таким чином, є дискретно-інтерполяційними математичними моделями складних технічних багатопараметричних об'єктів. Елементом таких множин є деяка дискретна функція, що у загальному випадку може бути представлена, як дискретний чисельний масив, розмірність якого може варіюватись [4, 5, 6].

Інтерполювання функції, заданих неявно чи параметрично, зводиться до розміщення у вузлах інтерполяції певних дискретних функцій – дискретних масивів. Це і є базові вузлові функції, що наведені на рис.1 у вигляді, наприклад, дискретних ліній.

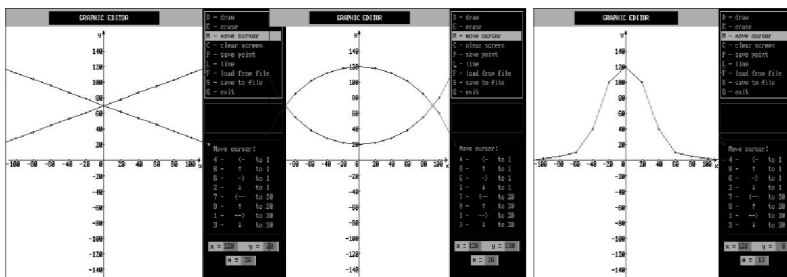


Рис. 1 - Формування вузлових функцій

Такий підхід дає можливість отримати деякий функціонал  $\Phi(p_{i,j})$ , з вектором параметрів, що включає в себе інтерполяційний параметр, координатні змінні, параметри, що характеризують форму та положення об'єктів, а саме тут і можуть бути враховані певні наперед задані умови, наприклад, щодо форми архітектурних об'єктів.

Отже, задача проектування певної архітектурної форми вирішується таким чином: архітектор чи дизайнер створює ескізний начерк майбутнього архітектурного об'єкту, деталізуючи необхідні локальні геометричні його параметри у вигляді, наприклад, перерізів поверхні, як моделі архітектурної форми. Ці умовні перерізи, які фактично є лініями, саме й визначають певну потрібну специфіку форми, що проектується. Надалі формуються дискретні моделі цих перерізів, як базові функції. Отримані таким чином дискретні функції є основою щодо вибору певної інтерполяційної схеми.

А тепер наведемо інтерполяцію дискретних чисельних масивів у загальному випадку, як універсальному способу моделювання складних криволінійних архітектурних та технічних форм, в даному випадку, складних криволінійних поверхонь, як прототипів певних об'єктів, що моделюються й проектуються [4].

Нехай  $F(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m)$  – багатопараметрична неявно задана функція. Сформуємо її у вигляді деякого функціонала  $\Phi(p_{i,j})$ , що заданий матрицею  $M[i, j]$ .

$$F(p_1, p_2, p_3, \dots, p_k, \dots, p_m) = M[i, j] \quad (1),$$

де

$$M[i, j] = \begin{pmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & \dots & \dots & P_{1,n} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & \dots & \dots & P_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{m,1} & P_{m,2} & \dots & \dots & P_{m,n} \end{pmatrix} \quad (2),$$

Розглядаючи (2) у якості певного вузла інтерполяції, використаємо інтерполяційний поліном Лагранжа.

У випадку одновимірної інтерполяції отримуємо  $M[i,j]$  як

$$M_n[i, j] = \sum_{i=0}^{n-1} M_i(i, j) \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{n-1} \frac{u - u_j}{u_i - u_j} \quad (3),$$

де  $n$  - кількість вузлів інтерполяції,  $u$  - параметр  $M[i, j]$ , відповідний проміжному перерізу (положенню або ж стану).

При запропонованому підході поліном Лагранжа може набути такого вигляду:

$$\Phi(u)_n = \sum_{i=0}^{n-1} F_i(p_1, p_2, \dots, p_m) \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^{n-1} \frac{u - u_j}{u_i - u_j} \quad (4),$$

де  $u$  - параметр інтерполяції,  $F(p_1, p_2, \dots, p_k)$  - вузлова функція,  $p_1, p_2, \dots, p_k$  - параметри вузлової функції,  $n$  - кількість вузлів інтерполяції.

Розглянемо тепер процес моделювання складних архітектурних форм та об'єктів у вигляді поверхонь. Для цього пропонується такий алгоритм:

1. Спочатку формуються вузлові функції у вигляді дискретних ліній. Дискретною математичною моделлю їх є одновимірні чисельні масиви. Форма цих ліній може бути довільною, або ж відповідати, що саме й є дуже важливим, деяким наперед заданим умовам, щодо майбутньої криволінійної архітектурної форми, як моделі певного технічного об'єкта.

Особливо важливо це на стадії попереднього ескізного проектування. Такі дискретні масиви (див. рис. 1) формуються в розробленому автором відповідному програмному забезпеченні.

2. Надалі сформовані бази даних (вузлові функції), використовуються в роботі основного модуля розробленого програмного забезпечення, що дозволяє отримати дискретну геометричну модель майбутньої поверхні і виконати її візуалізацію з вибором відповідної системи.

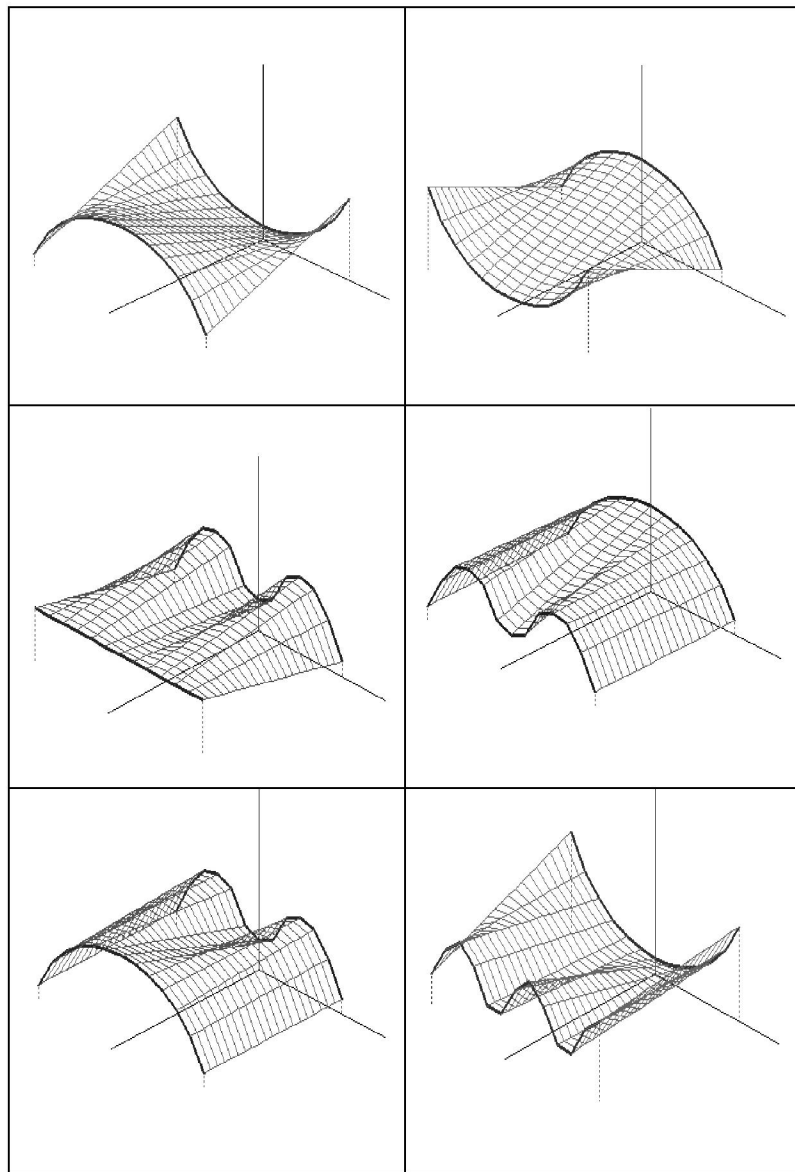
Відповідне програмне забезпечення було розроблено й запрограмоване автором.

3. Зазначимо, що при моделюванні поверхонь можуть бути використані різні дискретні функції, і при цьому можна змінювати як кількість відповідних вузлових функцій, так і їх просторове розташування у вузлових площинах.

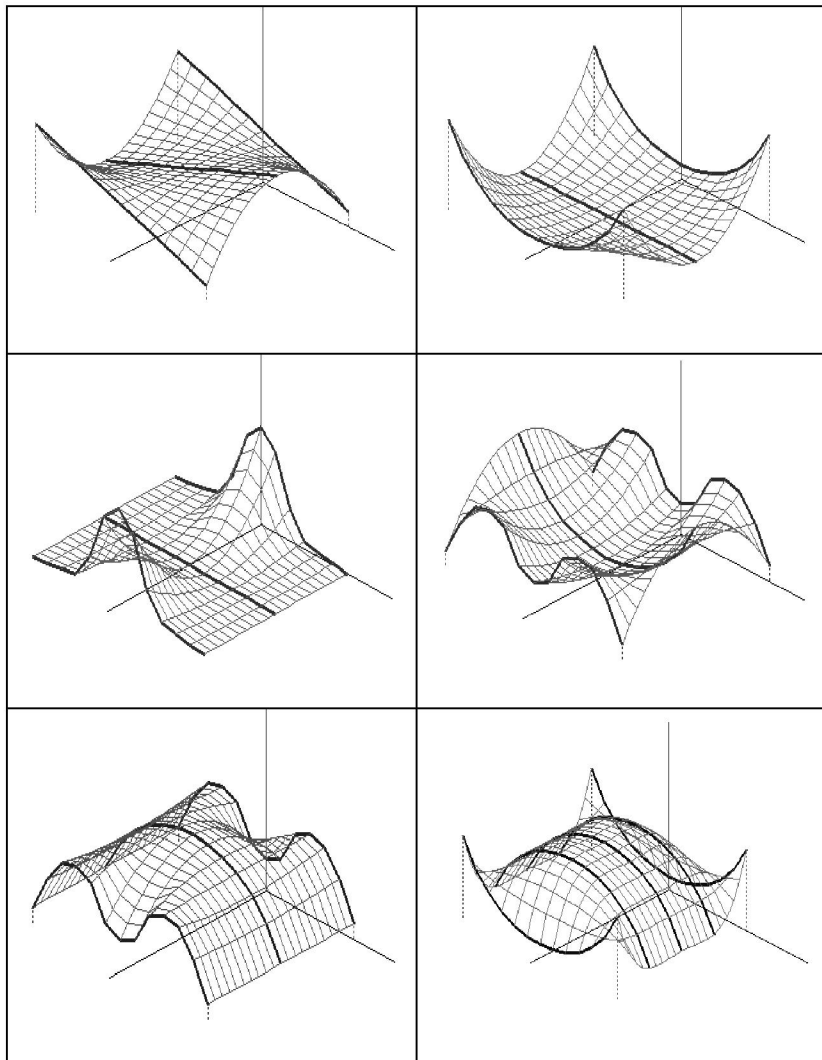
Тобто, поверхні можуть бути побудовані з допомогою навіть тільки одної дискретної функції або ж двох, трьох та більше з використанням різних схем інтерполяції для кожного конкретного випадку моделювання та проектування архітектурної форми й відповідного їй формування дискретного базису.

4. Різноманітність схем інтерполяції отримується за допомогою варіацій просторового розташування вузлів інтерполяції – площин носіїв дискретних функцій (зрозуміло, що для одного й того ж дискретного базису можемо отримати досить різні поверхні), зміни положення самих вузлових дискретних функцій у площинах вузлів інтерполяції.

На рис. 2 наведені приклади змодельованих поверхонь за вказаним методом на основі двох вузлів інтерполяції з використанням двох базових дискретних функцій, що показані потовщеними лініями, а на рис. 3 наведені приклади змодельованих поверхонь на основі трьох та більше вузлів інтерполяції.



*Рис. 2. Побудова та візуалізація двовузлових поверхонь*



*Рис.3. Побудова та візуалізація багатовузлових поверхонь*

**Висновки.** Запропонований метод дозволяє моделювати складні криволінійні архітектурні форми у вигляді поверхонь із наперед заданими умовами, має велику варіативність і дозволяє



реалізувати певні архітектурно-дизайнерські задуми та здійснити попередню експертну оцінку об'єкту, що проектується. Такий підхід дозволяє включати в однопараметричну множину об'єкти, що мають різну структуру і властивості. Застосування запропонованого дискретно-інтерполяційного підходу щодо моделювання різного роду об'єктів та середовищ, що характеризуються великою кількістю різноякісних параметрів, які часто неможливо функціонально-аналітично поєднати у звичайній математичній моделі є раціональним.

**Перспективи подальших досліджень.** Пов'язані з врахуванням певної кількості параметрів та характеристик об'єктів, що є різноякісними і мають анізотропію у часі й просторі.

### **Література**

1. *Митюшов Е.А., Беляева З.В.*, Геометрическое моделирование пространственных конструкций. Екатеринбург, изд.: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 135 с.
2. *Мисюра Н.Е., Берестова С.А.* Математическое моделирование в дизайне и архитектуре малых форм // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. XII междунар. науч.-практ. конф. № 11(11). – Новосибирск: СибАК, 2013. – С. 83-91.
3. *Бабич В.Н., Кремлёв А.Г.* Информационно-математическое моделирование в задачах архитектуры и градостроительства. // Архитектон: Известия вузов. – 2012. – № 1 (37). – С. 5-10.
4. *Холковський Ю. Р.* Інтерполяція дискретних масивів у загальному випадку як спосіб моделювання багатопараметричних об'єктів та процесів / Ю. Р. Холковський // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип.4 – Т51. – С. 156-160.
5. *Холковський Ю.Р.* Моделювання складних просторових форм із використанням дискретно-інтерполяційного підходу // Труды 14-й Международной научно-практической конференции «Современные проблемы геометрического моделирования». – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – С. 51-57.
6. *Холковський Ю.Р.* Побудова дискретно-інтерполяційних моделей багатопараметричних об'єктів, систем та середовищ //

Геометричне моделювання та інформаційні технології: науковий журнал. – Миколаїв, Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського, березень 2016 р., №1. – с. 116-121.

Аннотация:

**Холковский Ю.Р. Моделирование нестандартных архитектурных форм на основе дискретно-интерполяционного метода.** В работе рассматриваются вопросы геометрического моделирования сложных криволинейных архитектурных форм. Актуальность данной работы состоит в разработке оптимальных методов геометрического моделирования архитектурных форм в виде поверхностей с наперед заданными условиями в связи с существенным повышением современных требований к качеству конечных результатов моделирования и процессов дальнейшего проектирования таких объектов. Геометрические модели архитектурных форм, т.е. поверхностей, предлагается построить на основе нетрадиционного дискретно-интерполяционного подхода, сущность которого состоит в том, что под узлом интерполяции понимается не точка, а более сложный математический объект.

Ключевые слова: однопараметрическое множество, интерполяция, узел интерполяции, дискретно заданные функции, архитектурная форма, поверхность.

Abstract

**Kholkovsky Yu.R. Modeling of non-standard architectural forms based on the discrete-interpolation method.** The paper deals with the problems of geometric modeling of complex curvilinear architectural objects in the form of surfaces. The relevance of this work is to develop optimal methods for geometric modeling of architectural objects in the form of surfaces with predefined conditions in connection with a significant increase in modern requirements for the quality of the final results of modeling and the processes of further design of such objects. Geometric models of architectural forms, i.e. surfaces, it is proposed to build on the basis of an unconventional discrete interpolation approach, the essence of which is that under the interpolation node we mean not a point, but a more complex mathematical object.

Keywords: one-parameter set, interpolation, the interpolation unit, discretely defined functions, surface.

Стаття надійшла в редакцію 30.03.2017 р.