

У системі, що розглядається пристрій, що управляє просторовим положенням дзеркал, фактично комутує канали зв'язку. Тому до нього пред'являються жорсткі вимоги щодо точності позиціонування дзеркала, швидкості його переміщення та стійкості системи управління.

Таким чином, здійснюється комутація безпосередньо оптичних каналів зв'язку без перетворення оптичного сигналу в електричний і навпаки, що дасть можливість істотно підвищити швидкодію вже існуючих систем зв'язку і позбавить необхідності величезних витрат на прокладання прямих оптоволоконних кабелів зв'язку. Істотним є також той факт, що при комутації сигналу ми не «вторгаємося в його внутрішню структуру» і таким чином, не вносимо жодних спотворень, які є неминучими при перетвореннях оптичного сигналу на електричний і навпаки.

### **Література:**

1. Телекомунікаційні та інформаційні мережі : Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. К.: САММІТ-Книга, 2010. 708 с.

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-266-4/115>

## **СПЛАЙН-АПРОКСИМАЦІЯ В 3D-МОДЕЛЮВАННІ**

***Стрелковська І. В.***

*доктор технічних наук, професор,  
декан факультету кібербезпеки, програмної інженерії  
та комп'ютерних наук  
Міжнародний гуманітарний університет*

***Соловська І. М.***

*кандидат технічних наук, доцент,  
завідувачка кафедри комп'ютерних наук  
факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук  
Міжнародний гуманітарний університет  
м. Одеса, Україна*

Сучасний рівень технологічного розвитку інформаційних та інфокомунікаційних технологій зумовлює перехід до мереж п'ятого покоління 5G з активним розвитком послуг, які базуються на технологіях доповненої AR (Augmented Reality), віртуальної реальності

VR (Virtual Reality) та послуг на базі пристроїв IoT (Internet of Things). Такі послуги передбачають подання світу в тривимірному просторі, потребують розробки та використання 3D-моделей [1-5]. Сьогодні результати 3D-моделювання використовуються у сфері маркетингу, архітектурного дизайну та кінематографії, промисловості, медицині, при створенні ігор та аудіовізуального контенту, візуалізації та виробництві для 3D-принтерів. Для 3D-моделювання використовується низка програмних середовищ (Blender, Autodesk 3dsMAX, Maya, LightWave3D, Cinema 4D), які забезпечують можливості створення 3D-моделей різної складності та призначення [6-7]. Ускладнення завдань 3D-моделювання та підвищення обсягу вихідних даних для моделювання, вимагає від програмних середовищ використання ефективних математичних рішень на етапі візуалізації та рендерінгу.

В процесі 3D-моделювання важливим етапом є рендерінг 3D-моделі для отримання зображення. На цьому етапі вирішується задача отримання аналітичних виразів для 3D-моделі шляхом апроксимації поверхні та окремих ліній з наперед заданим умовам, такими як: гладкість поверхні, кривих, плавність переходів, відсутність областей перегинів, обмеження на мінімальний радіус та інші. При 3D-моделюванні використовується значна кількість апроксимацій, серед яких розглянемо апроксимацію на базі сплайн-функцій [6-7].

Проведені авторами дослідження в роботах [1-5] дозволяють стверджувати про перевагу використання сплайнів, адже сплайни просто обчислюються, мають добру збіжність, володіють локальними властивостями, мають властивості масштабованості та просто змінюються на окремих ділянках, надають можливості наближати поверхню об'єктів з необхідною точністю.

Відомо, що необхідна точність апроксимації при 3D-моделюванні в програмних середовищах (Blender, Maya, Autodesk 3dsMAX та Cinema 4D) отримується за допомогою зменшення параметрів сітки розбиття та полігонів 3D-моделі [6-7]. Такий підхід збільшує кількість клітин сітки і відповідно, обчислювальні витрати та значно збільшує час візуалізації та рендерінгу. Це значно ускладнює процес 3D-моделювання та потребує додаткових обчислювальних ресурсів. Іншим підходом до збільшення точності апроксимації при 3D-моделюванні є підбір певного виду сплайн-функції при апроксимації 3D-моделі при рендеренгу.

*Метою даної роботи є сплайн-апроксимація 3D-моделі на етапі рендерінгу для підвищення точності зображення об'єкту.*

Розглянемо розроблену 3D-модель поверхні, для якої необхідно на етапі рендерінгу виконати апроксимацію на базі сплайн-функцій (рис. 1).

Використаємо для апроксимації 3D-поверхні інтерполяційний кубічний сплайн  $S_3(x)$ , який визначається як [1-5]:

$$S_3(x) = f_i(1-t)^2(1+2t) + f_{i+1}t^2(3-2t) + m_i h_i t(1-t)^2 - m_{i+1} h_i t^2(1-t), \quad (1)$$

де  $t = \frac{(x - x_i)}{h_i}$ ,  $S_3(x_i) = f_i$ ,  $S_3(x_{i+1}) = f_{i+1}$ ,  $m_i = S_3'(f; x_i)$ .

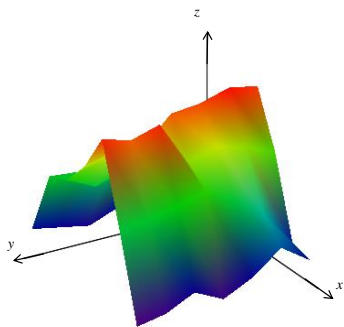


Рис. 1. Вихідна 3D-модель поверхні

Результати апроксимації за допомогою кубічного сплайну показані на рис. 2.

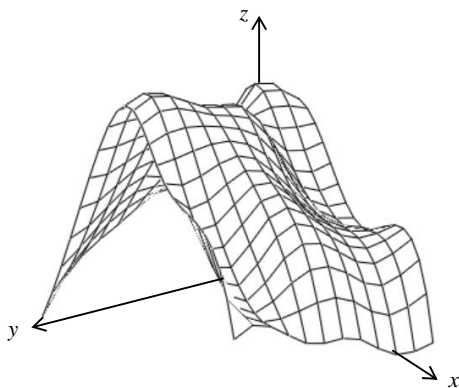


Рис. 2. Вихідна 3D-модель поверхні

## Висновки

1. Розглянуто можливість використання кубічної сплайн-апроксимації 3D-моделі на етапі рендерингу для підвищення точності зображення об'єкту.

2. Встановлено, що використання сплайнів дозволяє значно спростити процес 3D-моделювання, підвищити можливість масштабування, знизити складність розрахунків, тим самим дозволить зменшити час рендерингу.

3. Напрямок подальших досліджень може бути порівняння результатів апроксимації 3D-моделей за допомогою різних видів сплайнів (квадратичних, кубічних та B-сплайнів) для розв'язання задач 3D-моделювання щодо підвищення точності зображення об'єкту.

## Література:

1. Strelkovskaya, I.V., Solovskaya, I.N., Severin, N.V., Paskalenko, S.O. Approximation of self-similar traffic by spline-functions. *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science: proceedings of the XIII<sup>th</sup> International Conference (TSET'2016)*, Slavske, Ukraine, February 23 – 26, 2016. – Lviv: Lviv Polytechnic National University. – P. 132-135.

2. Strelkovskaya, I.V., Solovskaya, I.N., Severin, N.V. Modeling of self-similar traffic. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Applied Innovations in IT (ICAIIIT-2016)*, Vol. 1, Is. 5, Koethen, Germany, March, 10, 2016. – Anhalt University of Applied Sciences. – P. 61-64. <https://doi.org/10.13142/KT10004.23>

3. Strelkovskaya, I., Solovskaya, I., Severin, N., Paskalenko, S. Spline approximation based restoration for self-similar traffic. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. (2017). № 3/4 (87). P. 45-50. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.102999>.

4. Strelkovskaya, I., Solovskaya, I., Makoganiuk, A. Different extrapolation methods in Problems of Forecasting. In: *Advances in Information and Communication Technology and Systems. MCT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 152. Springer, Cham, pp. 217-228. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58359-0_12)

5. Strelkovskaya, I., Solovskaya, I., Strelkovska, J. Spline-approximation and spline-extrapolation methods in telecommunication. In: *Current Trends in Communication and Information Technologies. IPF 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol. 212. Springer, Chap № 1. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-76343-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-76343-5_1)

6. Design and Model. URL: <https://www.blender.org/features/modeling/>

7. CINEMA 4D. Програмне забезпечення для комп'ютерної 3D-анімації, моделювання, симуляції та рендерингу  
<https://www.maxon.net/cinema-4d/>

DOI <https://doi.org/10.36059/978-966-397-266-4/116>

## **ПРОГРАМНІ КОМПЛЕКСИ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОЕКТУВАННЯ**

**Яровий Д. О.**

*здобувач вищої освіти першого (бакалаврського рівня)  
спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія  
факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук  
Міжнародний гуманітарний університет  
Науковий керівник: **Яременко О. О.**  
кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри інформаційних технологій  
Факультету кібербезпеки, програмної інженерії  
та комп'ютерних наук  
Міжнародний гуманітарний університет  
м. Одеса, Україна*

Інформаційне проектування в Україні має ряд взаємопов'язаних проблем, однією з яких є відсутність системного процесу створення та обміну цифровою інформацією. Роздробленість, хаотичність, непрозорість даних звужують аналітичні можливості для пошуку і прийняття стратегічних рішень та оцінки їх кінцевого ефекту, а також створюють бар'єри для системного впровадження нових методів та сучасних технологій у галузі в цілому.

Огляд деяких програмних комплексів, що застосовують для інформаційного проектування. Building Information Modeling (BIM) – це цифрове представлення фізичних та функціональних характеристик об'єкта. BIM – це спільний ресурс знань для інформації про об'єкт, що становить надійну основу для прийняття рішень протягом його життєвого циклу; визначається як така, що існує від самого раннього початку до знесення.

Використання BIM виходить за рамки етапу планування та проектування проекту, поширюючись на весь життєвий цикл будівлі.