

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ (ATICE'2025)

ОДЕСА, УКРАЇНА, 18 ЛИПНЯ 2025 Р.

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

ОДЕСА

2025

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
INTERNATIONAL HUMANITARIAN UNIVERSITY

INTERNATIONAL CONFERENCE

ADVANCED TECHNOLOGY

IN INFORMATION AND COMMUNICATION

ENGINEERING

(ATICE'2025)

ODESA, UKRAINE, JULY 18, 2025

CONFERENCE PROCEEDINGS

ODESA

2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ
В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІЙ
ІНЖЕНЕРІЇ
МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Одеса, Україна, 18 липня 2025 р.



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
INTERNATIONAL HUMANITARIAN UNIVERSITY**

**International Conference “Advanced Technology in
Information and Communication Engineering”
(ATICE’2025)**

Odesa, Ukraine, July 18, 2025

Conference Proceedings



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Міжнародна конференція «Передові технології
в інформаційно-комунікаційній інженерії»
(ПТІКІ'2025)**

Одеса, Україна, 18 липня 2025 р.

Матеріали конференції



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

International Conference “Advanced Technology in Information and Communication Engineering” (ATICE'2025): Conference Proceedings. Odesa : International humanitarian university, 2025, 123 p.

DOI:

Міжнародна конференція «Передові технології в інформаційно-комунікаційній інженерії» (ATICE'2025): Матеріали конференції. Міжнародний гуманітарний університет, 2025. – Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2025. – 123 с.

ISBN 978-617-554-582-9

Збірка містить праці Міжнародної конференції з інформаційних систем, технологій захисту інформації, використання сучасних інформаційних технологій в управлінні системами за різними галузями народного господарства.

Матеріали публікуються в авторській редакції.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова

КІВАЛОВ С.В. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

Співголови

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

Члени організаційного комітету

БЕРКМАН Л.Н. – д.т.н., проф., Державний університет телекомунікацій, м.Київ, Україна.

КЛИМАШ М.М. – д.т.н., проф., Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів, Україна.

ЛЕМЕШКО А. В. – д.т.н., проф., Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна.

РОЗЕНВАССЕР Д.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

РИХЛІК А. – к.т.н., Лодзький технічний університет, м.Лодзь, Польща

СЕМЕНКО А.І. – д.т.н., проф., Національний авіаційний університет, Київ, Україна.

СІМЕНС Е. – д.т.н., проф., Анхальтський університет прикладних наук, м.Кетен, Німеччина.

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СУНДУЧКОВ К.С. – д.т.н., проф., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна.

РЕДАКЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

РОЗЕНВАССЕР Д.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

КОМІТЕТ МІЖНАРОДНИХ ЗВ'ЯЗКІВ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

ГЛОБА Л. С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

ГРИГОР'ЄВА Т.І. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

ТЕХНІЧНО-ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ГЛОБА Л.С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

СЕКЦІЇ

СЕКЦІЯ 1. ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

ГЛОБА Л.С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ГРИГОР'ЄВА Т.І. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 2. КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

МИРОШНИК М.А. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

РУСУ О.П. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 3. КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

ЛУНТОВСЬКИЙ А.О. – д.т.н., проф., Державна академія Саксонії «Беруфсакадемія», м. Дрезден, Німеччина.

ЙОНА Л.Г. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, Одеса, Україна.

МАНЬКО Д.Г. – д.ю.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 4. ЕЛЕКТРОННІ КОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА

УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ЛЕМЕСЬКО А.В. – д.т.н., проф., Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна.

ПЕДЯШ В.В. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 5. ІНФОРМАТИКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ В ОСВІТІ

КУЧАЙ О.В. - д.п.н., проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України.

ЖИГУЛІН О.А. – д.е.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, Одеса, Україна

ГОРБАЧОВ В.Е. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

4. P.D. Bojovi, I. Basiccevi, S. Ocovaj, M. Popovic (2019) A practical approach to detection of distributed denial-of-service attacks using a hybrid detection method. Computers & Electrical Engineering 73 (2019): 84-96.
5. Imran, Jamil F., Kim D. An ensemble of prediction and learning mechanism for improving accuracy of anomaly detection in network intrusion environments. Sustainability. – 2021. – Vol. 13, no. 10057.
6. Петляк Н. Аналіз моделей виявлення аномалій трафіку в сучасних інформаційно-комунікаційних системах та мережах. Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – 2025. – Вип. 1, С. 180-186.
7. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J. Spline-Approximation and Spline-Extrapolation Methods in Telecommunication Problems, Current Trends in Communication and Information Technologies. IPF 2020. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol. 212, Springer, Cham, 2021, P. 3-22.
8. <https://www.kaggle.com>
9. Ahlberg J.H., Nilson E.N., Walsh J.L. The Theory of Splines and Their Applications, Academic Press, New York, 1967.
10. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovskaya J., Paskalenko V. Complex spline approximation in positioning problems. Radioelectronics and Communications Systems. 2022. Vol. 65 (7). P. 376–385.
11. <https://ml.cms.waikato.ac.nz/weka/>

УДК 004.942

*Стрелковська І.В., д.т.н., професор,
Міжнародний гуманітарний університет,
i.strelkovskaya@mgu.edu.ua
Соловська І.М., к.т.н., доцент,
Міжнародний гуманітарний університет,
i.solovskaya@mgu.edu.ua
Стрелковська Ю.О., к.ю.н., доцент
Worthing college
4800632s@gmail.com
Кольцов В.В., магістр 2 року навчання,
Міжнародний гуманітарний університет,
vladkoltsov@ukr.net*

СПЛАЙН-АПРОКСИМАЦІЯ В ЗАДАЧАХ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТА РЕНДЕРИНГУ 3D-ОБ'ЄКТІВ

Анотація: Розглянуто задачу підвищення точності візуалізації та рендерингу 3D-об'єктів за допомогою сплайн-апроксимації. Запропоновано використання інтерполяційного параметричного сплайну в процесі моделювання кривих та поверхонь 3D-об'єкту у процедурі візуалізації та рендерингу. Встановлено, що застосування інтерполяційного параметричного кубічного сплайну забезпечує зниження обчислювальної складності, масштабованість рішень і суттєво спрощує процес моделювання.

Ключові слова: сплайн-апроксимація, 3D-моделювання, 3D-модель, візуалізація, рендеринг, інтерполяційний параметричний сплайн, точність, похибка

Стрімкий розвиток технологій та методів 3D-моделювання зумовлено зростанням попиту на створення інтерактивних, гнучких у редагуванні 3D-об'єктів, структур та середовищ. 3D-моделі забезпечують високий рівень точності та деталізації, що дає змогу візуалізувати об'єкти у різних конфігураціях, з урахуванням їхніх функціональних і конструктивних особливостей. Особливу актуальність 3D-моделювання набуває у поєднанні з технологіями доповненої AR (Augmented Reality) та віртуальної VR (Virtual Reality) реальностей, які забезпечують ефект повного занурення. Завдяки цьому створюються умови для взаємодії користувача з віртуальним контентом, що особливо важливо у сфері Веб-дизайну, освіти, інженерії та анімації. Анімовані сцени на основі 3D-об'єктів, сприяють наочній демонстрації зовнішнього вигляду 3D-об'єкта та принципам його функціонування [1-3].

Прогрес у сфері технологій, подальший розвиток 3D-моделювання, вимоги до візуалізації та рендерінгу, супроводжуються зростанням складності геометричних і аналітичних задач. Це, зокрема, зумовлено необхідністю створення більш реалістичних, динамічних та інтерактивних віртуальних 3D-середовищ, що потребують обробки великих обсягів вихідних даних, високого рівня деталізації та точності при побудові гнучких форм [4-7]. Одним із ключових викликів у цьому контексті є математичне описання кривих та поверхонь, яке має забезпечувати не лише зовнішню точність, а й функціональну адаптивність під час анімації, симуляції деформацій або взаємодії об'єктів. Особливо критичним таке завдання є у розробці відеоігор, VR/AR-додатків, де потрібно формувати плавні траєкторії руху, природні згиби та реалістичну поведінку тіл під впливом зовнішніх факторів. Відтворення таких процесів є складним з обчислювальної точки зору і вимагає ефективних рішень з високим рівнем адаптивності [4-7].

На основних етапах 3D-моделювання до кривих і поверхонь висувається низка вимог, серед яких: компактність параметричного опису, висока гладкість на з'єднаннях, керованість осциляцією, а також здатність до локального редагування без потреби в перерахунку всієї моделі. З огляду на це, особливої актуальності набуває використання сплайн-апроксимації на базі сплайн-функцій, зокрема інтерполяційних параметричних сплайнів. Відомо [5], що використання сплайнів є досить простим, а сплайн-функції мають високу збіжність та можуть масштабуватися на окремих ділянках, забезпечуючи необхідну точність.

Використання параметричних сплайнів авторами в роботах [1-3] забезпечує рішення низки задач, серед яких 3D-моделювання на етапі формування кривих та поверхонь з метою наближення форми кривих до форми моделюемого 3D-об'єкту, 3D-моделювання для побудови кривих та поверхонь у тривимірному форматі для опису форми моделюемого 3D-об'єкту з метою мінімізації похибок наближення. В даній роботі запропоновано використання параметричних сплайнів для візуалізації та рендерінгу 3D-об'єктів за допомогою апроксимації кривих та поверхонь з наперед заданими умовами плавності переходів.

Метою даної роботи є підвищення точності 3D-моделювання об'єктів за допомогою сплайн-апроксимації на базі інтерполяційних параметричних сплайнів.

Розглянемо інтерполяцію кривих параметричними лінійними сплайн-функціями. Нехай на деякій кривій L задано послідовність точок $P_i = (x_i; y_i)$, $i = 0, 1, \dots, N$. Виконаємо параметризацію кривої L :

$$\begin{cases} x = x(s); \\ y = y(s), \end{cases}, \quad (1)$$

де s – параметр довжини дуги кривої L .

Точці $P_i = P(x_i, y_i)$ відповідає значення

$$\begin{cases} x_i = x(s_i); \\ y_i = y(s_i), \end{cases} \quad i = \overline{0, N}. \quad (2)$$

Інтерполяційний лінійний параметричний сплайн, який заданий на проміжку між точками P_i та P_{i+1} , має вигляд [8-10]:

$$\begin{cases} S_1(x; s) = (1-t)x_i + tx_{i+1}; \\ S_1(y; s) = (1-t)y_i + ty_{i+1}. \end{cases} \quad (3)$$

де $t = (s - s_i) / l_i$, $l_i = s_{i+1} - s_i$, $i = 0, 1, \dots, N-1$.

Розіб'ємо проміжок зміни параметру s таким чином $s_0 < s_1 < \dots < s_N$ та знайдемо значення функції у точках розбиття s_i , $i = \overline{0, N}$, причому виконуються умови (2), де [9-10]:

$$S_1(x; s_i) = x_i, \quad S_1(y; s_i) = y_i, \quad i = 0, 1, \dots, N. \quad (4)$$

Розглянемо побудову параметричного лінійного сплайну для заданої кривої L , утвореної лініями каркасу модельованого 3D-об'єкту, точками $P_0 = (x_0; y_0)$, $P_i = (x_i; y_i)$, $P_{i+1} = (x_{i+1}; y_{i+1})$ та $P_N = (x_N; y_N)$, які зображені на рис. 1,а. Інтерполяційну криву параметричного лінійного сплайну вигляду (1), яку отримано в ході розрахунків, показано пунктирною лінією (рис. 1,б).

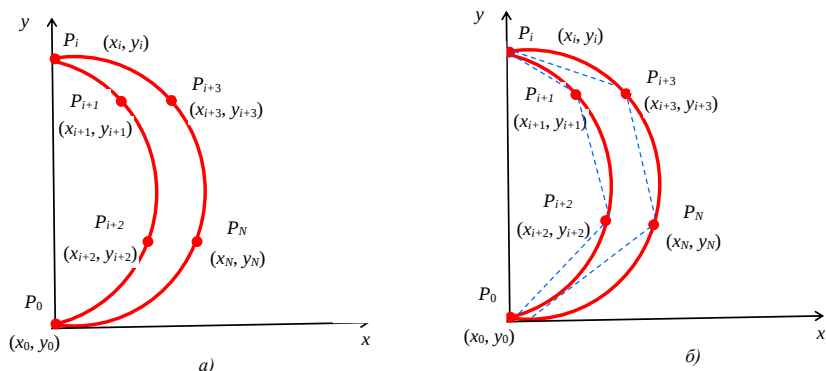


Рисунок 1 – Крива L каркасу модельованого 3D-об'єкту (а) та крива параметричного лінійного сплайну (б)

Отримано криву параметричного лінійного сплайну, яка апроксимує криву каркасу модельованого 3D-об'єкту, причому чим ближче буде наближення до кривої каркасу, тим менше буде похибка апроксимації. Для розрахунку похибки апроксимації $R_1(s)$ параметричним лінійним сплайном використаємо формулу (5) [9]:

$$R_1(s) = \sqrt{|S_1(x; s) - x(s)|^2 + |S_1(y; s) - y(s)|^2}. \quad (5)$$

Таблиця 1 – Похибка сплайн-апроксимації на базі параметричного лінійного сплайну

Проміжок	Значення похибки
$[x_0; x_1]$	5,71

$[x_1; x_2]$	7,50
$[x_2; x_3]$	8,25
...	...
$[x_{N-1}; x_N]$	31,71
...	...

Висновки

1. Для візуалізації та рендерингу кривих та поверхонь 3D-об'єктів в процесі моделювання запропоновано використання інтерполяційного параметричного лінійного сплайну.

2. Для заданої кривої, утвореної лініями каркасу модельованого 3D-об'єкту, побудовано криву параметричного лінійного сплайну, визначено похибки апроксимації.

3. Встановлено, що застосування інтерполяційних параметричних сплайнів сприяє зниженню обчислювальної складності, забезпечує масштабованість рішень і суттєво спрощує процес 3D-моделювання.

Література

1. Стрелковська І.В., Соловська І.М., Стрелковська Ю.О. Застосування параметричних сплайн-функцій в моделюванні Вісник Хмельницького національного університету. – Т.1, № 3, С. 228-233.

2. Стрелковська І.В. Сплайн-апроксимація в 3D-моделюванні / І.В. Стрелковська, І.М. Соловська // Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Гуманітарний і інноваційний ракурс професійної майстерності: Пошуки молодих вчених», м. Одеса, 18 листопада 2022 р. – С. 390-394.

3. Стрелковська І.В. Сплайн-апроксимація в 3D-моделюванні / І.В. Стрелковська, І.М. Соловська, Н. Снігур, В. Малюга // Матеріали міжнародної конференції «Передові технології в інформаційно-комунікаційній інженерії», м. Одеса, 17-20 липня 2023 р. – С. 22-26.

4. Ільїна І.В., Біжко О.В. Аналіз особливостей візуалізації тривимірних об'єктів. Системи управління, навігації та зв'язку, 2016, 2: 88-92.

5. Сітко Д.О., Гніденко М.П., Крилов О.С. Сплайн-функції в задачах інтерполяції. Наукові записки ДУІКТ – 2024. – №2 (6). – С. 171-178.

6. Bühler Peter. 3D Mit Blender: Modeling-Animation-Rendering. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2022.

7. Sari Aswita, Usman Ari, Handoko Divi. Comparison Analysis of 3D Animation Rendering With Cycles Methods and Workbench in Blender. Journal of Data science and Visualization, 2022.

8. Стрелковська І.В. Застосування дійсних та комплексних сплайнів в задачах інфокомунікацій / І.В. Стрелковська, І.М. Соловська, Ю.О. Стрелковська // Проблеми телекомунікацій. – 2021. – № 01 (28). – С. 3-19.

9. Ahlberg J.H. The Theory of Splines and Their Applications / J.H. Ahlberg, E.N. Nilson, J.L. Walsh // Academic Press, New York, 1967.

10. Larry L. Spline Functions: Basic Theory / L. Larry, S. Schumaker // Cambridge University Press, New York, 2007.