

Блиндарук А.О.

КОРЕГУВАННЯ ГРАФІКА КРИВИНИ NURBS-КРИВОЇ 4-ГО ПОРЯДКУ ЗА РАХУНОК МОДИФІКАЦІЙ ВУЗЛОВОГО ВЕКТОРА

Наведено метод корегування графіка кривини NURBS-кривої 4-го порядку при моделюванні криволінійних обводів. Для впровадження методу та демонстрації результатів використано новий програмний продукт, який дає можливість для поступової інтерактивної модифікації графіка кривини обводів, побудованих з використанням NURBS-технології.

Ключові слова: крива, NURBS, вузловий вектор, кривина, контрольні вектори-точки, порядок кривої, вузол.

Аналіз сучасного стану проблеми. На сучасному етапі моделюванні складних геометричних об'єктів за допомогою криволінійних обводів необхідним та перспективним є використання технологій та математично обґрунтованих методів, які можуть гарантувати гідродинамічні властивості створюваних складних об'єктів.

Такі задачі до розробки складних об'єктів для роботи в рухомому середовищі, насамперед, висувають гідро-, авіа- та автобудівельна галузі промисловості як для суспільного, так і для стратегічного призначення.

Сучасним рішенням, яке задовольняє необхідним вимогам моделювання складних геометричних об'єктів для роботи в рухомому середовищі, є NURBS-технологія.

На сучасному етапі розвитку NURBS-технології є необхідність при моделюванні складного геометричного об'єкту вміти ефективно корегувати та контролювати плавність зміни графіку його кривини [2].

Графік кривини є однією з важливих характеристик, яка забезпечує гідродинамічні властивості об'єкта при його русі в середовищі, що його оточує.

Розглянемо побудову криволінійного обводу $P(t)$ на п'яти контрольних вектор-точках за допомогою NURBS-технології кривої 4-го порядку [1]. Зазначимо основні складові NURBS, а саме:

$$P(t) = \frac{\sum_{i=0}^n B_i w_i N_{i,k}(t)}{\sum_{i=0}^n w_i N_{i,k}(t)}, \quad (1)$$

де B_i – контрольні вектор-точки; $N_{i,k}(t)$ – базисні сплайни Кокса-де Бура;

w_i – вага i -ї контрольної вектор-точки $w_i \geq 0$; t – параметр: $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$;

$$N_{i,k}(t) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } u_i \leq t < u_{i+1}, \\ 0, & \text{інакше} \end{cases}, \text{ при } k = 1$$

$$N_{i,k}(t) = \frac{(t - u_i)N_{i,k-1}(t)}{u_{i+k-1} - u_i} + \frac{(u_{i+k} - t)N_{i+1,k-1}(t)}{u_{i+k} - u_{i+1}}, \text{ при } k \geq 2 \quad (2)$$

де $u_i \in U$ – це вузловий вектор з вузлів u_i .

Однією з важливих складових є вузли вузлового вектору, які чинять вплив не лише на форму обводу, але є і утворюючими складовими базисних сплайнів (2) NURBS кривої 4-го порядку [3, 5].

Значення та вплив на плавність і форму графіка кривини обводу чинять й інші характеристики, такі як контрольні вектор-точки, порядок, вага вектор-точок, а також степінь кривої [1, 2]. Тому в даному випадку візьмемо незмінність всіх цих зазначених складових для моделювання обводу $P(t)$ при запровадженні впливу модифікацій.

З метою демонстрації саме зв'язку та впливу вузлів u_i вузлового вектору U на плавність та форму графіка кривини обводу $P(t)$ використаємо новий розроблений програмний продукт для моделювання криволінійних обводів за допомогою NURBS-технології 4-го порядку [4]. За допомогою зазначеного програмного продукту, згідно вихідних даних (1), будемо криволінійний обвід $P(t)$ та супроводжуємо відповідним графіком кривини в початковий момент побудови (рис.1 – тонка сіра лінія поряд з кривою NURBS 4-го порядку).

Далі поступово здійснюємо серію модифікацій вузлового вектора U в 1-му, 7-му та 2-му вузлах (u_1, u_7, u_2). Слід зазначити, що такий вплив чинить незначну, майже непомітну зміну, вихідної форми обводу, що є важливим особливо в процесі локальної модифікації, але в той самий час суттєво корегує коливання форми вихідного графіка кривини обводу $P(t)$ (рис.2 – рис.6).

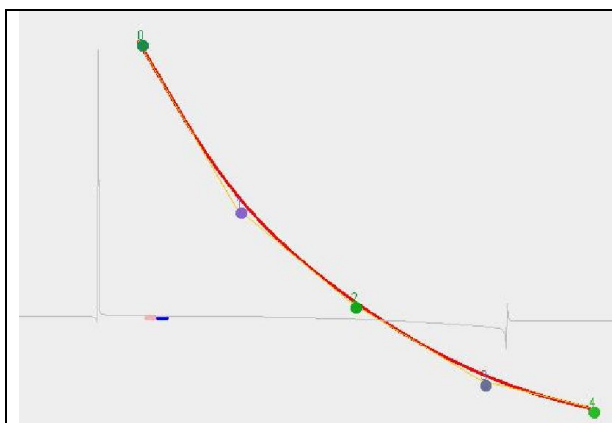


Рис.1. Обвод $P(t)$ та графік її кривини; початковий набір вузлів вузлового вектора:
1.07; 1.12; 2.68; 3.53; 4.34; 5.17; 6.63; 7.7; 8.18



Рис.2. Змінений набір вузлів вузлового вектора:
0.55; 1.12; 2.68; 3.53; 4.34; 5.17; 6.63; 7.7; 8.18

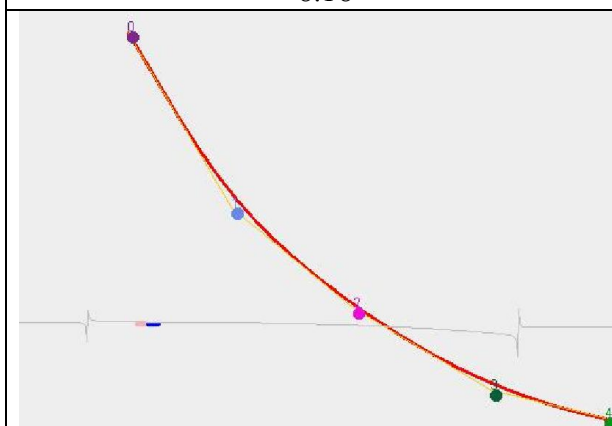


Рис.3. Змінений набір вузлів вузлового вектора:
0.23; 1.12; 2.68; 3.53; 4.34; 5.17; 6.63; 7.7; 8.18

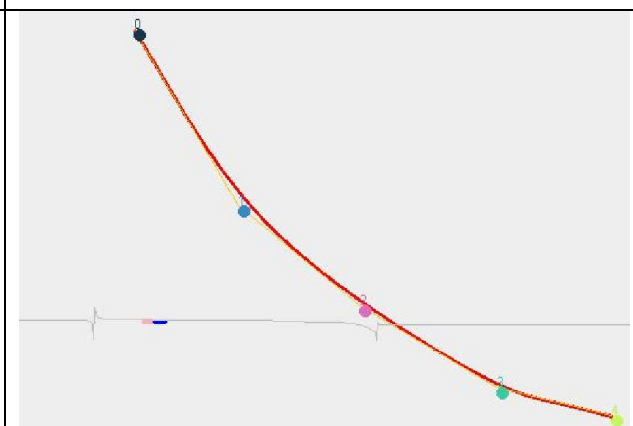
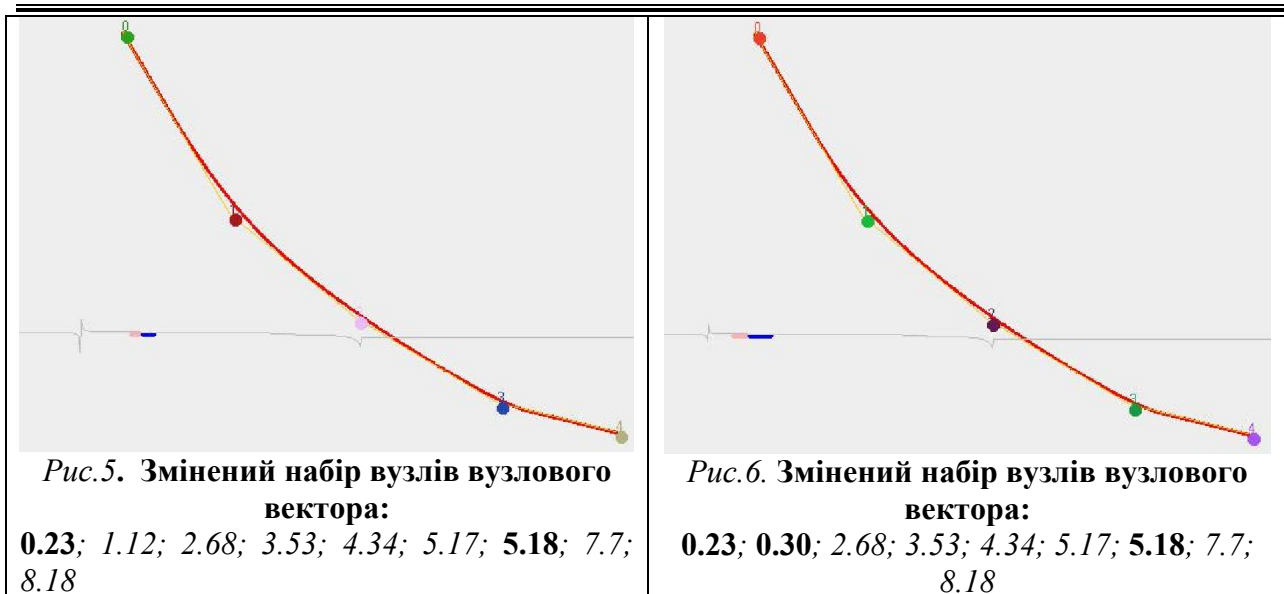


Рис.4. Змінений набір вузлів вузлового вектора:
0.23; 1.12; 2.68; 3.53; 4.34; 5.17; 5.30; 7.7; 8.18



Важливо зазначити, що для досягнення найкращого результату процес корегування графіка кривини NURBS-кривої, що відповідає обводу об'єкта, який моделюється, слід розглядати як комплекс заходів впливу не тільки за рахунок вузлів вузлового вектору, але і за рахунок всіх або декількох основних характеристик NURBS [2, 3, 4].

Висновки. Було викладено метод для покращення та корегування графіка кривини NURBS-кривої 4-го порядку за рахунок впливу на неї за рахунок вузлів вузлового вектора без суттєвої зміни вихідної форми обводу та без зміни інших характеристик NURBS.

Було розроблено та використано новий програмний продукт, який дає змогу використовувати запропонований підхід на практиці для покращення та модифікації графіка кривини криволінійних обводів, побудованих з використанням NURBS-технології 4-го порядку [4].

ЛІТЕРАТУРА

1. Richard H. Bartels, John C. Beatty and Brian A. Barsky, An Introduction to Splines for Use in Computer Graphics and Geometric Modeling, Morgan Kaufman Publishers, 1987.
2. Бадаєв Ю.І., Блиндарук А.О. Керування кривою NURBS кривої 3-го порядку за допомогою ваги контрольних вектор-точок. Водний транспорт: зб. наукових праць. – К: КДАВТ, 2014. – Вип.3(21)). – С. 103-105.
3. Бадаєв Ю.І., Блиндарук А.О. Можливості локальної модифікації гладкої NURBS кривої. Матеріали XV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та електронні технології», Одеса, 2014р.
4. Бадаєв Ю.І., Блиндарук А.О. Комп'ютерна реалізація проектування криволінійних обводів методом NURBS-технологій вищих порядків. Матеріали XVI міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми геометричного моделювання», Мелітополь, 2014р.
5. Бадаєв Ю.І., Блиндарук А.А. Метод определения эволюющих точек аппроксимирующих NURBS кривой, научно-методический сборник «Математика. Геометрия. Информатика», Мелітополь, 2014р.

Блиндарук А.А.

КОРРЕКТИРОВКА ГРАФИКА КРИВИЗНЫ NURBS-КРИВОЙ 4-ГО ПОРЯДКА ЗА СЧЕТ МОДИФИКАЦИЙ УЗЛОВОГО ВЕКТОРА

Приведен метод корректировки графика кривизны NURBS-кривой 4-го порядка при моделировании криволинейных обводов. Для внедрения метода и демонстрации результатов использован новый программный продукт, который дает возможность для постепенной интерактивной модификации графика кривизны обводов, построенных с использованием NURBS-технологии.

Ключевые слова: кривая, NURBS, узловой вектор, кривизна, контрольные векторы-точки, порядок кривой, узел.

Blindaruk A.

4TH ORDER NURBS CURVE CURVATURE ADJUSTMENT WITH SET VECTOR NODES MODIFICATIONS

It was offered the method to adjust the curvature of the 4th order NURBS curve with set vector nodes modifications. It was performed new software for the NURBS curves modeling and management.

Keywords: curve, NURBS, vector nodes, curvature, control vector-points, curve order, knot.