

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СПЛАЙН-ЛІНІЙ У ПОБУДОВІ ТРАЄКТОРІЙ ОБРОБКИ У CAD ПРОГРАМАХ

Овсієнко Л.Г., ст. викладач

ovsienko.liudmila@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4614-9498

Савчук П.В., магістр

Януш О.О., студент, ІАТЕ

oleksiiyanush@gmail.com

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського» (Україна, м. Київ)

Анотація. Розглядається питання виникнення неявних помилок при використанні сплайн-кривих при проектуванні контурів для подальшого їх виведення на верстат з ЧПУ.

Ключові слова. Сплайн-лінія, сплайн-крива, апроксимація траєкторії, інтерполяція кривої.

Постановка проблеми. У даний час в промисловому та індивідуальному виробництві широко застосовуються різні верстати та комплекси з програмним управлінням (ЧПУ). У зв'язку з цим у життя конструкторів, технологів, а тепер і багатьох нефахівців у галузі конструювання та обробки увійшли спеціальні програми побудови та моделювання (CAD програми), а також засоби, що допомагають автоматизувати побудовані моделі для виведення на виробничі комплекси (CAM програми). Причому велику важливість набув процес побудови креслення для складання конструкторської документації з подальшим читанням її людиною та правильна адаптація побудованої моделі для її трансляції в код, зрозумілий обробній машині. Ця тема сама по собі важлива і цікава, але доволі масивна для її оглядового розгляду в межах однієї статті. Тому приділимо увагу одному невеликому аспекту: не очевидних на перший погляд проблем, які можуть виникати при виведенні плоского контуру, описаного сплайн-лінією на верстат з ЧПУ.

Аналіз останніх досліджень. Серед графічних примітивів (інструментів) призначених для побудови графічних моделей таких як лінія, коло, дуга, полілінія та ін. є сплайн лінія.

Сплайн (сплайн-функція) це функція, область визначення якої розбита на кінцеве число відрізків, на кожному з яких вона збігається з деяким алгебраїчним багаточленом. По теоремі Вейерштрасса кожна безперервна функція, задана на відрізку, може бути як завгодно точно апроксимована на ньому багаточленом.

Визначення лінії за допомогою сплайн-функції винайшов П. де Кастелло у 1959 року. Пізніше в 1962 р. теорію цих кривих розробив П. Безьє в процесі роботи над системами автоматичного проектування для компаній Сітроєн і Рено. З того часу такі криві називаються кривими Безьє (квадратична крива, параболічна крива другого порядку).

Формулювання цілей. Ціллю статті є виявлення можливих помилок, що виникають при трансляції зображення з програм проектування на виробничий комплекс

Основна частина. У стандартному визначенні кривої Безьє використовуються дві кінцеві та дві контрольні точки. Таке визначення дуже наочно з геометричної точки зору, тому воно добре підходить для інтерактивних маніпуляцій.

При програмуванні частіше використовується визначення, коли всі чотири точки перебувають на кривій. Для будь-яких чотирьох точок на площині існує крива Безьє яка через них проходить. Більше того, можна сказати, що кожні три точки визначають положення четвертої точки на кривій.

У багатьох випадках апроксимувати складну криву за допомогою однієї кривої Безьє з потрібною точністю неможливо, у цьому випадку застосовується послідовний ланцюг з таких кривих.

Слід зазначити, що ми отримуємо цілий пучок можливих траєкторій залежно від обраних коефіцієнтів функції. Загалом ми можемо описати траєкторію з високою точністю, особливо якщо розділимо її на кілька частин і кожен з них представимо своєю кривою.

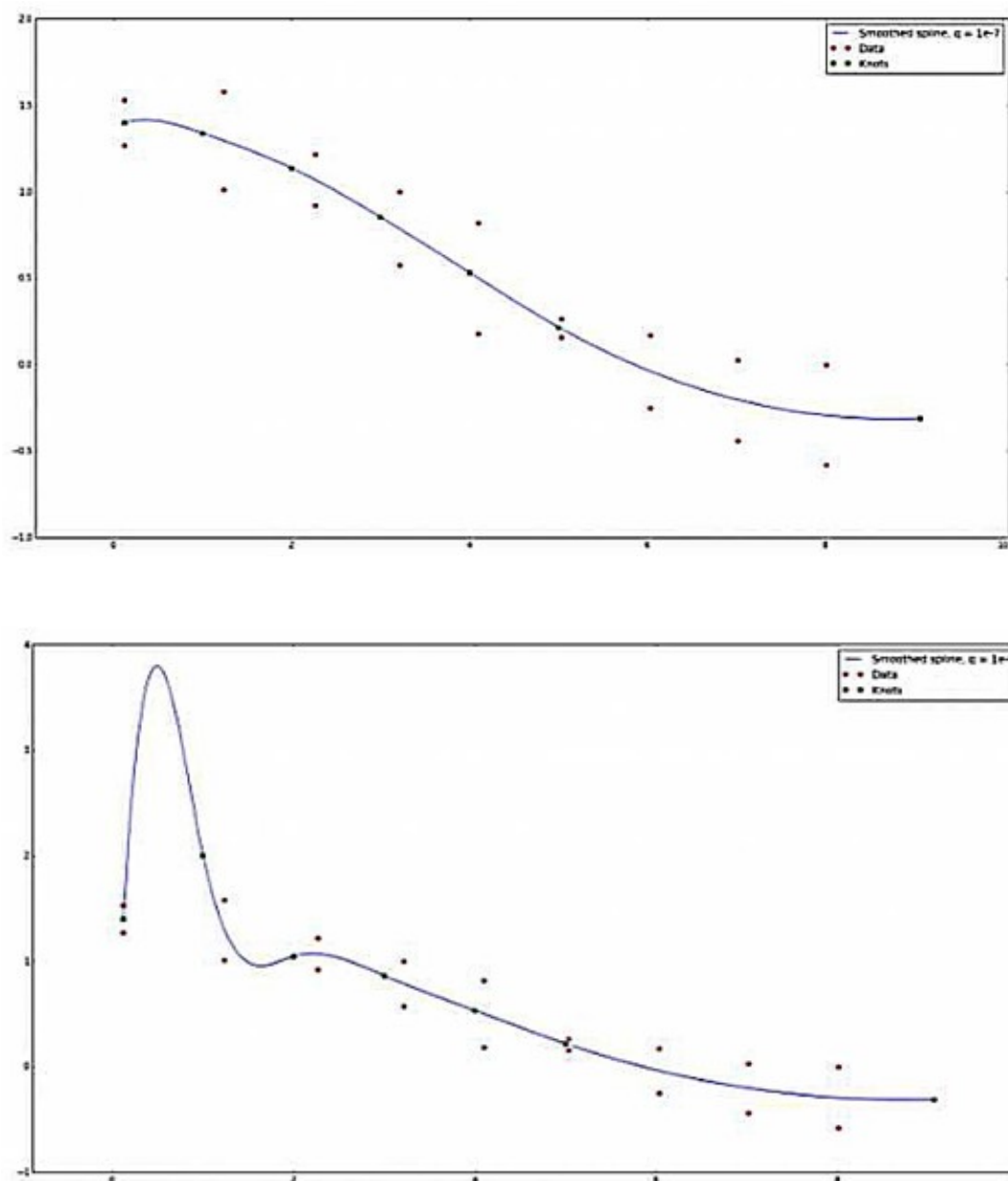


Рис 2. Приклад апроксимації кривої по одних і тих же точках, але з різними коефіцієнтами перетворення [2]

Таким чином, при використанні сплайн-лінії слід враховувати, що форма об'єкта визначатиметься внутрішніми налаштуваннями системи, яка апроксимуватиме криву по заданих крайніх і контрольних точках і може бути відмінна в CAD і CAM програмі. Крім того, слід звернути увагу на те, який із алгоритмів апроксимації застосований у CAD та CAM програмі.

Широко поширені сплайни Безье, BSpline, Ерміта. Найгірший варіант, коли при побудові та подальшій обробці будуть застосовані різні

типи сплайнів. Це може призвести до різних наслідків, одним із яких будуть значні відхилення в траєкторіях робочого ходу інструменту.

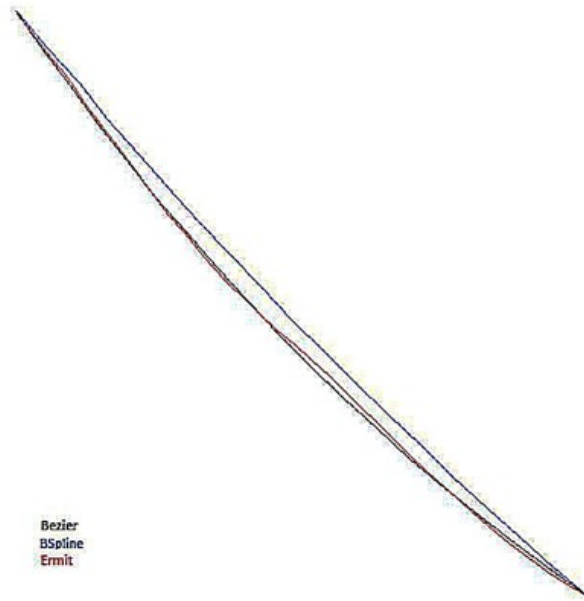


Рис 4. Апроксимація трьома різними видами сплайна [3]

Всі перераховані вище фактори можуть прямо впливати на форму елемента зображення і при обробці на верстаті можуть сприяти появі браку.

Далі необхідно розглянути процес інтерполяції отриманої кривої при виведенні в керуючий код. Тут є два шляхи. Перший передбачає подання кривої у вигляді дуг та виведення цих дуг у керуючий код. Другий – безпосереднє переведення кривих у мікровектори. Насправді переведення у мікровектор в результаті буде здійснено в обох випадках, але можливо на різних етапах підготовки траєкторії. Перший варіант заощаджує місце у пам'яті ЧПУ, але перекладає розрахунок інтерполяції на неї. Додатково до цього значно ускладнює код програми перетворення. Тому простіше переводити криву в мікровектор безпосередньо.

Розглянемо систему, що працює у декартових координатах. Переміщення криволінійної траєкторії в ній буде представлено як сума мікропереміщень по координатах у вибраних площинах. Перетворення кривої здійснюється відразу у мікровектор. Тут постає питання точності інтерполяції залежно від внутрішніх налаштувань програми перетворення. У тому випадку, якщо векторів буде недостатньо, то траєкторія буде «рубаною», якщо багато – це займе багато місця в пам'яті і уповільнить

виведення програми на виконавчі механізми. Це питання налаштування програми та ЧПУ, і безпосередньо не пов'язане з побудовою траєкторії (на практиці має також враховуватися). Але також схожу ситуацію може викликати застосування сплайн-кривої (рис.5).



Рис. 5. Приклад траєкторії, описаної сплайн-кривою з малою кількістю вузлів [3]

При цьому, ЧПУ не робитиме спроб до її згладжування, оскільки вона задана однозначно. Не меншу проблему може спричинити надмірна кількість вузлів (рис. 6).

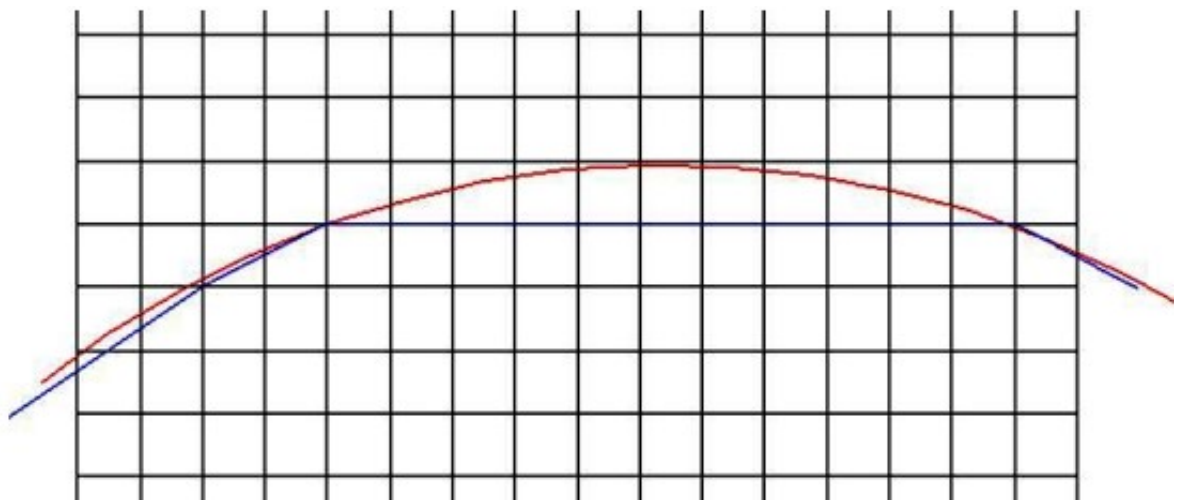


Рис. 6. Координатна сітка – мінімальний крок системи:
червоний – задана траєкторія з надмірними вузлами,
синій – реальна траєкторія, яка може бути відпрацьована [4]

Як видно, частина вузлів буде просто відкинута з розгляду, оскільки їх неможливо опрацювати. Зрештою ЧПУ працює у приростах (відносній системі координат). Тому, якщо на якійсь ділянці не буде зроблено зусиль щодо усунення цих ефектів, можуть виникнути артефакти схожі на вплив люфту в системі (рис.7).

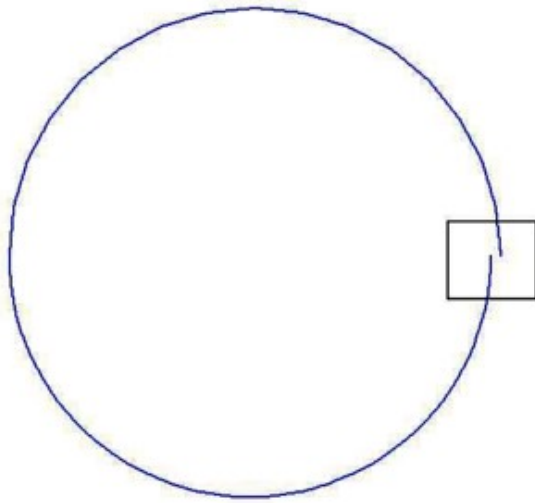


Рис. 7. Приклад помилки під час проходження кругової траєкторії

Ці ефекти досить добре усуваються аналізом траєкторії в абсолютній системі координат, але це у свою чергу погіршує якість поверхні. (рис. 6).

Всі ці ефекти призводять до спотворень форми та якості поверхонь, але в деяких випадках вони можуть призводити і до помилок розташування.

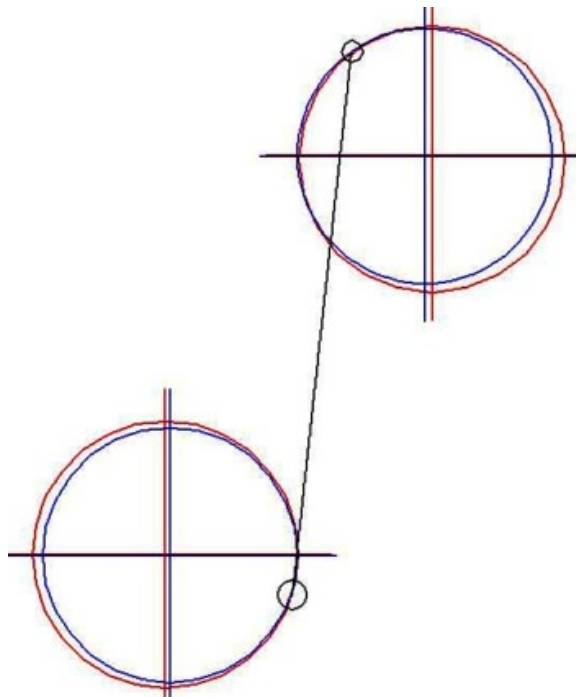


Рис. 8. Помилка розташування

Ця помилка виникла внаслідок того, що система відкинула мікроектори, які не можуть бути відпрацьовані. При цьому компенсувала

помилку розташування точки входу (слід мати на увазі, що на зображенні не кола, а сплайн-криві – комплексні об’єкти, вони не мають прив’язки до центру, а отже, і до міжцентрової відстані, тому, з точки зору системи, це не є помилкою!).

Висновки. Все показане вище говорить про те, що при роботі з таким чудовим інструментом проєктування як сплайн-лінія необхідно вживати запобіжних заходів і не втрачати пильності, щоб уникнути прикрих помилок при виготовленні продукції.

Бібліографічний список

1. Yuan F. Windows Graphics Programming: Win32 GDI and DirectDraw. – Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000. – (Hewlett-Packard Professional Books).
2. Фокіна Д.В. Інтерполяція сплайнами [Електронний ресурс]/ Д.В. Фокіна. Режим доступу: <https://vseosvita.ua/library/embed/001i58-ec22.doc.html>
3. Оптимальна апроксимація сплайнами [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://habr.com/en/articles/314218/> (дата звернення: 01.05.2025).
4. Романюк О.Н. Методи та алгоритми формування контурних зображень.// Інформаційні технології і автоматизація: Матеріали XV міжнародної науково-практичної конференції. Одеса, 20–21 жовтня 2022 р. Одеса, Видавництво ОНТУ, 2022. 246 с. Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fitki/8romanyuk_komp_grafika/zmg/zmg/144.htm (дата звернення 11.04.2025).
5. Раїсов Ю.А., Бичков І.В., Бичков Н.І. Сплайн-апроксимація зі спряженням кривих за похідними//Проблеми машинобудування. Харків. 2012. Т.15, №2//ISSN 0131–2928.