

Бадаев Ю.И., Ганношина И.Н., Лагодина Л.П.

УПРАВЛЕНИЕ ФОРМОЙ NURBS-КРИВОЙ С ПОМОЩЬЮ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЭПЮР

Предложена методика управления формой NURBS-кривой методом корректирования точечного репера управляющих точек.

Ключевые слова: NURBS-кривая, точечный репер, вспомогательные эпюры.

Постановка проблемы. В настоящее время в проектировании криволинейных обводов широко применяется метод NURBS-технологий, однако в начале этапа проектирования сложно предсказать результат, полученный этим методом. Поэтому является актуальным разработка методов, которые позволили бы прогнозировать конечный результат и обеспечивали получение желательных наперед заданных результатов.

Анализ последних исследований. В статьях [2–4] предлагаются интерактивные подходы по управлению формой NURBS-кривой на основе применения разработанных компьютерных программ. В статье [5] исследуются особенности комплексного подхода по применению поликоординатных отображений и технологии NURBS в геометрическом моделировании. Использование разработанного алгоритма позволяет усиливать локальное воздействие на адекватность этих отображений.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. В результате анализа опубликованных исследований [2–5] следует отметить, что были предложены новые алгоритмы управления формой NURBS-кривой, однако при этом реализовывался подход «проб и ошибок», что не дает возможности прогнозировать конечный результат в начале этапа проектирования.

Цель статьи. Целью статьи есть разработка методики управления формой NURBS-кривой на основе изменения точечного репера управляющих точек с применением вспомогательных графиков.

Основной материал. NURBS-кривая задается формулой [1]:

$$r(t) = \frac{\sum_{i=1}^N B_{i,N,m}(t) r_i w_i}{\sum_{i=1}^N B_{i,N,m}(t) w_i}, \quad (1)$$

где r_i – управляющий точечный репер,

w_i – веса точек управляющего репера,

$B_{i,N,m}$ – сплайн степени m .

Управлять формой кривой можно с помощью изменения управляющего репера r_i и с помощью изменения весов w_i .

Рассмотрим возможность модификации кривой (1) с помощью изменения точечного репера r_i . Изменим один из векторов $r_{i=j}$, тогда формула для точечного репера будет иметь вид:

$$\sum_{i=1}^N r_i w_i = r_1 w_1 + r_2 w_2 + \dots + r_j w_j + \Delta r_j w_j \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

После подстановки (2) в (1) NURBS-кривая будет строиться по формуле:

$$r(t) = \frac{\sum_{i=1}^N B_{i,N}(t)r_i w_i + \sum_{j=1}^N B_{l,N}(t)\Delta r_j w_j}{\sum_{i=1}^N B_{i,N}(t)w_i}. \quad (3)$$

Анализируя формулу (3), видим, что $r(t)$ изменяется на величину $\Delta r(t)$ в виде:

$$\Delta r(t) = \frac{\sum_{i=1}^N B_{i,N}(t)\Delta r_j w_j}{\sum_{i=1}^N B_{i,N}(t)w_i}. \quad (4)$$

Рассмотрим влияние формулы (4) отдельно по каждому из векторов r_i и построим для каждой из точек r_i графики изменения кривой. Вместе эти графики можно назвать эпюром изменения формы кривой в зависимости от положения управляющих точек. Наличие таких графиков дает возможность прогнозировать, как будет изменяться кривая в результате корректировки точек управляющего репера.

Для демонстрации реализации предложенной методики разработана компьютерная программа на языке AutoLisp управления формой NURBS-кривой 7-ой степени на основе изменения точечного репера управляющих точек.

Покажем демонстрацию управления формой NURBS-кривой на конкретном примере. На рис.1 построена кривая с 8-ю управляющими точками (то есть NURBS-кривая 7-й степени).

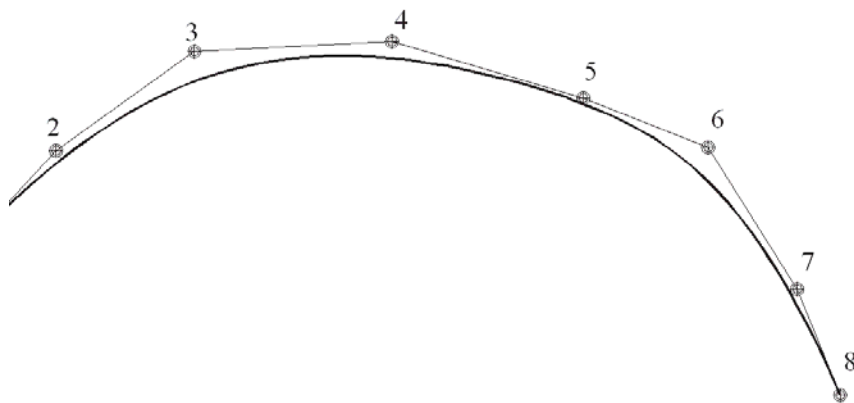


Рис.1. NURBS-кривая 7-ой степени с 8-ю управляющими точками

Источник: сформировано авторами на основе результатов работы компьютерной программы

Проведем несколько экспериментов с изменением местоположения управляющих точек репера, и выполним анализ моделирования заданной кривой на полученных результатах. Визуальный контроль итогов работы программы позволяет отследить следующие системные изменения.

На рис. 2-7 показаны зоны «влияния» управляющих точек на кривую. Так, например, эпюра на рис. 2 показывает, что точка 2 влияет на участок кривой в зоне точек 1-3, оставляя практически без изменения участок 5-8, прогиб эпюры под точкой 2 показывает величину перемещения кривой в сторону точки 2.



Рис.2. Зона «влияния» управляющей точки 2 NURBS-кривая

Источник: сформировано авторами на основе результатов работы компьютерной программы

Эпюра на рис. 3 показывает, что при изменении положения управляющей точки 3 NURBS-кривая будет следовать за этой точкой на участке кривой 2-4, оставляя практически неизменной остальную часть кривой, а прогиб под точкой 3 показывает, насколько при изменении положения точки 3 кривая будет следовать за этой точкой.



Рис. 3. Зона «влияния» управляющей точки 3

Источник: сформировано авторами на основе результатов работы компьютерной программы

Аналогично на рис. 4-7 видны влияния остальных точек.



Рис. 4. Зона «влияния» управляющей точки 4

Источник: сформировано авторами на основе результатов работы компьютерной программы



Рис. 5. Зона «влияния» управляющей точки 5

Источник: сформировано авторами на основе результатов работы компьютерной программы

Рис.6. Зона «влияния» управляющей точки 6

Источник: сформировано авторами на основе результатов работы компьютерной программы



Рис.7. Зона «влияния» управляющей точки 7

Источник: сформировано авторами на основе результатов работы компьютерной программы

Тестовые примеры демонстрируют получение разных модифицированных NURBS-кривых.

На рис.8 с помощью точек 2,3,4 увеличена выпуклость в первой половине кривой путем «поднимания» этих точек, а с помощью точек 5,6,7 во второй половине кривой выпуклость уменьшена путем их «опускания».

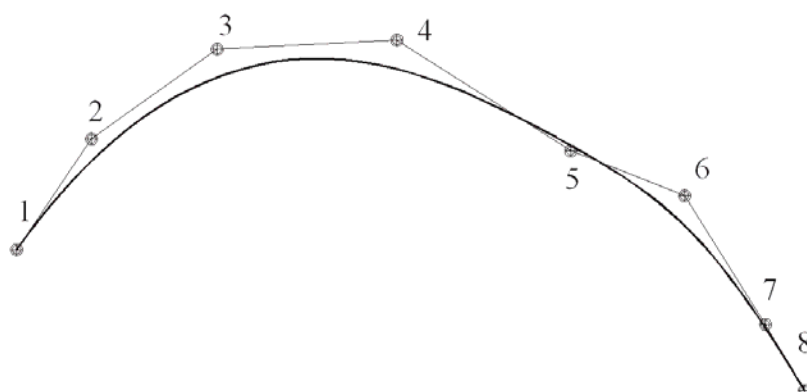


Рис.8. Тестовый пример 1: модифицированная NURBS-кривая

Источник: сформировано авторами на основе результатов работы компьютерной программы

На рис. 9, наоборот, в первой половине кривой выпуклость уменьшена путем «опускания» управляющих точек 2,3,4, а во второй – увеличена путем «поднимания» точек 5,6,7.

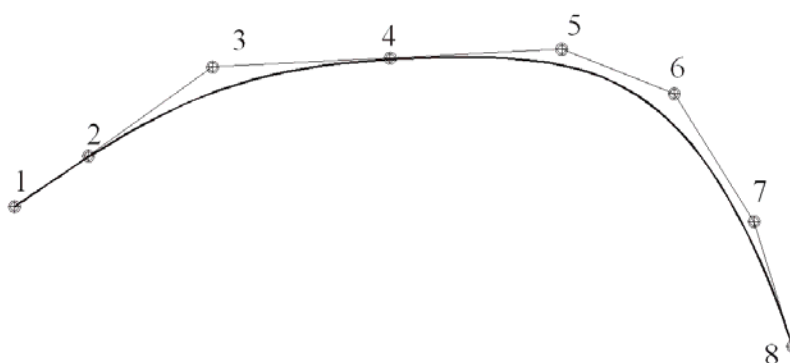


Рис.9. Тестовый пример 2: модифицированная NURBS-кривая

Источник: сформировано авторами на основе результатов работы компьютерной программы

Выводы и предложения. В статье предложена методика управления формой NURBS-кривой на основе применения эпюр влияния управляющих точек, что позволяет прогнозировать форму моделирования кривой. Дальнейшие исследования будут проводиться в направлении управления формой NURBS-кривой с помощью изменения весов управляющих точек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фокс А. Пратт М. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве: Переведено с английского / А. Фокс, М. Пратт. – М.: Мир, 1982 – 304 с.
2. Бадаев Ю. І. Керування кривою NURBS-кривої 3-го порядку за допомогою ваги контрольних вектор-точок [Текст] / Ю. І.Бадаев, А. О. Блиндарук // Водний транспорт: зб. наук. праць. – К: КДАВТ, 2015. – Вип. 3 (21). – С. 103-105.
3. Бадаев Ю. І. Можливості локальної модифікації гладкої NURBS – кривої [Текст] // Ю. І.Бадаев, А. О.Блиндарук // Современные информационные и электронные технологии : междунар. науч.-практ. конф. 2014 г.: сб.тез. докл., т.1.– Одеса, 2014. – С.26-27.

-
4. Бадаєв Ю. І. Комп'ютерна реалізація проектування криволінійних обводів методом NURBS-технологій вищих порядків [Текст] // Ю. І.Бадаєв, А. О. Блиндарук // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць. – Мелітополь: МДПУ, 2014. – С. 3-6.
 5. Лагодіна Л. П. Зважені полікоординатні відображення NURBS-кривих [Текст] / Ю. І. Бадаєв, Л. П. Лагодіна // Водний транспорт. – К. : КДАВТ, 2015. – Вип. 1 (22). – С. 175-179.

Бадаєв Ю.І., Ганношина І.М., Лагодіна Л.П.

УПРАВЛІННЯ ФОРМОЮ NURBS-КРИВОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ДОПОМІЖНИХ ЕПЮР

Запропоновано методику управління формою NURBS-кривої методом коригування точкового репера керуючих точок.

Ключові слова : NURBS-крива, точковий репер, допоміжні епюри.

Badaev Yu., Gannoshina I., Lagodina L.

CONTROL OF FORM NURBS-CURVES WITH THE AID OF ADDITIONAL EPYUR

Is proposed the procedure of control of form NURBS-curves by the method of the modification of the point bench-mark of nodal points.

Keywords words : NURBS-curve, point bench-mark, auxiliary diagrams.

УДК 539.3

Шукула Е.Н.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНЫХ СЛОИСТО-ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ КОСОУГОЛЬНОЙ НАМОТКИ

В статье предложена модель нелинейного деформирования слоисто-волоконистых материалов косоугольной намотки с физически нелинейными компонентами. Построен алгоритм для определения их эффективных деформативных свойств и напряженно-деформированного состояния. Исследовано нелинейное деформирование слоисто-волоконистых композитных материалов. Получены кривые деформирования для различных видов простого нагружения. Изучено влияние нелинейности компонентов и величины угла намотки на деформирование композита. Установлено, что нелинейность компонентов и величина угла намотки существенно влияют на эффективные деформативные свойства и напряженно-деформированное состояние слоисто-волоконистых композитов.

Ключевые слова: слоисто-волоконистые композитные материалы косоугольной намотки, физическая нелинейность, напряженно-деформированное состояние, эффективные деформативные свойства

Постановка проблемы. Многие однородные и композитные материалы при увеличении нагрузки проявляют нелинейный характер зависимостей между макронапряжениями и макродеформациями. Это может быть обусловлено физической нелинейностью деформирования компонентов [1]. Такой вид нелинейности является типичным для