

5. Yazici A. JMathNorm: A database normalization tool using mathematica / A. Yazici, K. Ziya // International Conference on Computational Science 2007 (ICCS 2007); China. – Beijing, 2007.
6. Georgiev N. A web based environment for learning normalization of relational database schemata. Masters thesis / N. Georgiev. – Umea: Umea university, 2008.
7. Bahman, A. Automatic database normalization and primary key generation / A. Bahmani, M. Naghibzadeh, B. Bahmani // 21th Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering; Canada. – Niagara Falls, 2008.

УДК 514.18

Ю.В. Холодняк, Yu.V. Holodnyak, e-mail: yuliya_holodnyak@mail.ru

Ю.А. Дмитриев, Yu.A. Dmitriev, e-mail: dmi51@bk.ru

Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина
Taurian State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine

ФОРМИРОВАНИЕ ОДНОМЕРНЫХ ОБВОДОВ С ЗАКОНОМЕРНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ КРИВИЗНЫ

FORMATION OF ONE-DIMENSIONAL CONTOURS WITH REGULAR CHANGES OF CURVATURE

Рассматривается способ формирования плоских дискретно представленных кривых с закономерным изменением кривизны методами вариативного дискретного геометрического моделирования. Способ предполагает формирование кривой по участкам, вдоль которых кривизна изменяется монотонно, состыкованных со вторым порядком гладкости.

The method of formation a planar discretely represented curves with the regular change of curvature using methods of variable discretely geometrical modeling is considered in the article. The method assumes formation a curve on sections along which the curvature changes monotonically, docked with the second order smoothness.

Ключевые слова: *дискретно представленная кривая; монотонное изменение кривизны; второй порядок гладкости*

Keywords: *discretely represented curve; monotonous change of curvature; second order of smoothness*

Задача конструирования изделий, назначение которых – взаимодействие со средой, требует моделирования поверхностей с повышенными динамическими качествами. Хорошие динамические качества обеспечивают поверхности с плавным, закономерным изменением дифференциально-геометрических характеристик. С геометрической точки зрения динамические качества можно обеспечить характеристиками кривых, которые входят в определитель поверхности. Это, прежде всего, положения касательных и значения кривизны. Сложные геометрические поверхности могут быть сформированы на основе каркаса, элементами которого являются плоские кривые.

Таким образом, разработка способов и алгоритмов формирования плоских обводов по заданному закону изменения дифференциально-геометрических характеристик является актуальной задачей геометрического моделирования.

Исходными данными для моделирования кривой является упорядоченный точечный ряд. Этот точечный ряд представляет кривую линию, которую будем называть дискретно представленная кривая или ДПК.

В результате предварительного анализа исходного точечного ряда определяются участки, на основе которых можно сформировать монотонную кривую [1]. Участки монотонных кривых стыкуются со вторым порядком гладкости.

Каждая монотонная кривая моделируется отдельно по участкам, которые ограничены соседними узлами. При этом обеспечивается монотонность изменения кривизны на каждом участке и стыковка участков со вторым порядком гладкости.

После назначения предварительных положений касательных в исходных узлах получаем цепочку базисных треугольников. Треугольники ограничены касательными, проходящими через две последовательные точки и хордой, которая эти точки соединяет.

При моделировании монотонной кривой необходимо, чтобы форма каждого базисного треугольника отвечала требованию: длина стороны базисного треугольника, соответствующая точке с меньшим радиусом кривизны, меньше длины стороны базисного треугольника, соответствующей точке с большим радиусом кривизны [2].

Радиусы кривизны в исходных узлах назначаются с использованием критерия $k_i = \frac{\Delta R_i}{l_i}$, который определяется диапазоном значений радиусов кривизны в точке i (ΔR_i) и длиной кривой (l_i) на участке $i - 1 \dots i + 1$. Длина кривой оценивается как сумма длин кривых Безье, которые определяются точками $i - 1, i, i + 1$ и касательными к кривой в этих точках.

После назначения положений касательных таким образом, что значения критерия k_i удовлетворяют условиям задачи, внутри полученных диапазонов ΔR_i назначаются значения радиусов кривизны, которые необходимо обеспечить в процессе моделирования.

Монотонная ДПК формируется отдельно по участкам, которые ограничены последовательными исходными точками.

В процессе моделирования радиусы кривизны в точках ДПК оцениваются с помощью радиусов кривизны кривой Безье, которая определяется положениями последовательных точек и касательными к ДПК в этих точках.

Минимальное число шагов сгущения, в результате которых можно обеспечить назначенные значения радиусов кривизны в точках i и $i+1$ равно двум [3]. При этом получаем участок ДПК $i \dots i + 1$ представленный цепочкой, состоящей из четырех базисных треугольников. Смежные базисные треугольники определяют равные значения радиусов кривизны в общей точке, и эти значения изменяются монотонно вдоль ДПК.

В процессе дальнейших сгущений проводится выравнивание значений скорости изменения радиусов кривизны в точках стыковки участков кривой. Для оценки скорости изменения радиусов кривизны предложен критерий

$$\sigma_i = \frac{\bar{R}'_{c2} - \bar{R}_i}{l_i},$$

где \bar{R}_i и \bar{R}'_{c2} – радиусы кривизны в точке i и ближайшей к ней точке сгущения i'_{c2} ; l_i – длина участка $i \dots i'_{c2}$.

Разработанный алгоритм формирования ДПК содержит способ, позволяющий обеспечить непрерывный график изменения критерия σ_i внутри участка кривой. При этом разрыв значений скорости изменения кривизны между соседними участками ДПК концентрируется в точках стыковки. Алгоритм обеспечивает на каждом шаге сгущения уменьшение величины разрыва значений критерия σ_i в граничных точках за счет его возникновения внутри участка – в точках стыковки базисных треугольников сгущения.

Предложенный критерий σ_i позволяет контролировать монотонность изменения кривизны на участке. Необходимым условием монотонного изменения кривизны является одинаковый знак критерия в точках, ограничивающих участок.

Монотонные участки кривой стыкуются в особых точках (точках перемены возрастания и убывания кривизны, точках перегиба).

Исходные границы участка, который содержит точку перемены возрастания и убывания кривизны, определяются по соотношению радиусов окружностей, проходящих через три последовательные точки. В первом приближении это участок, который определяется двумя смежными базисными треугольниками.

Далее проводится анализ базисных треугольников с учетом знака критерия σ_i в граничных точках. Особая точка располагается внутри базисного треугольника, в граничных точках которого знаки критерия противоположны. После этого формирование ДПК внутри базисного треугольника, содержащего особую точку, проводится по следующей схеме:

- назначается положение точки сгущения и касательной, которая через нее проходит;
- определяются знаки критерия σ_i в точках, ограничивающих базисные треугольники сгущения;

- определяется базисный треугольник сгущения, который содержит точку перемены возрастания и убывания радиусов кривизны;

- назначается радиус кривизны в точке сгущения.

В процессе последовательных сгущений участок, содержащий особую точку, локализуется.

Участок, содержащий особую точку, определяется исходя из направления обхода трех последовательных точек исходной ДПК. Назначение положения точки перегиба осуществляется по следующим этапам:

- определение предварительной области расположения особой точки;
- уточнение области с учетом характеристик кривой, назначенных в точках, ограничивающих участок;
- назначение положения точки перегиба и касательной, которая через нее проходит.

Далее задача сводится к формированию выпуклого и вогнутого участков ДПК, состыкованных со вторым порядком гладкости в точке перегиба.

Предложенный алгоритм моделирования плоских кривых с закономерным изменением кривизны целесообразно использовать при формировании элементов каркаса поверхностей, ограничивающих изделия, которые взаимодействуют со средой. Способ позволяет обеспечить ламинарный характер обтекания рабочей поверхности изделия средой (жидкостью, газом, сыпучими материалами). Это приводит к уменьшению потерь энергии потока при взаимодействии с поверхностью, которая транспортирует среду (каналы двигателей внутреннего сгорания, трубопроводы) или уменьшению сопротивления при взаимодействии с поверхностью, которая обтекается средой (рабочие органы сельскохозяйственных машин, корпус автомобиля).

Библиографический список

1. Гавриленко, Е. А. Дискретное интерполирование плоских одномерных обводов с закономерным изменением кривизны : дис. ... канд. техн. наук : 05.01.01 / Е. А. Гавриленко. – Мелитополь, 2004. – 182 с.

2. Гавриленко, Е. А. Определение диапазонов геометрических характеристик дискретно представленной кривой с закономерным изменением кривизны / Е. А. Гавриленко, В. В. Гнатушенко, Ю. В. Холодняк // Системные технологии : регион. межвуз. сб. нач. тр. / НМетАУ. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 1(84). – С. 156–161.

3. Холодняк Ю. В. Моделирование дискретно представленных кривых с монотонным изменением кривизны / Ю. В. Холодняк, А. В. Найдыш // Технические науки – от теории к практике : сб. ст. науч.-практ. конф., октябрь / СибАК. – Новосибирск, 2013. – С. 13–18.