

УДК 514.18

## **ОБЩАЯ СХЕМА МЕТОДА ВАРИАТИВНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РАЗНОСТНЫХ СХЕМ УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ**

Спиринцев Д.В., к.т.н.,

Найдыш А.В., д.т.н.,

Фоменко В.Г., к.ф.-м.н.

*Мелитопольская школа прикладной геометрии*

*Мелитопольский государственный педагогический университет*

*имени Богдана Хмельницкого (Украина)*

Спиринцев В.В., к.т.н.

*Национальный технический университет "Днепропетровская политехника"*

*(Украина)*

*Анализ известных методов непрерывного геометрического моделирования показал, что они опираются на заранее определенный класс функций. Это приводит к замене дифференциально-геометрических характеристик ДПК на характеристики этих функций и не исключает влияния свойств моделирующей функции на результат моделирования. Указанных выше недостатков лишены методы дискретной интерполяции, которые помимо того, что гарантируют отсутствие осцилляции и имеют широкие возможности локальной коррекции решения, обладают простотой расчетных алгоритмов и их программной реализации.*

*Существует широкое многообразие методов дискретного геометрического моделирования которые позволяют решать задачу сгущения ДПК произвольной формы. Данные методы различаются сложностью и универсальностью при решении прикладных задач геометрического моделирования. Среди известных методов дискретной интерполяции следует выделить отдельное направление - вариативное дискретное геометрическое моделирование (ВДГМ), определяющая особенность которого заключается в том, что в результате моделирования вычисляется не одно значение параметра, а интервал его допустимых значений, из которого и выбирается искомое, оптимальное в смысле задачи, значение параметра. Одним из методов ВДГМ является метод вариативного формирования разностных схем угловых параметров, отличительной особенностью которого является то, что он использует угловые параметры в процессе сгущения, а так же то, что одинаково эффективен как для выпуклых (вогнутых) ДПК, так и ДПК с особенностями в геометрии. Однако, как и большинство существующих методов, при*

*практическом его применении используются не только основной алгоритм метода, а и его модификации в зависимости от вида сгущаемых участков (вогнутые, выпуклые, содержат переходные или прямолинейные участки, особые точки). Поэтому, для практического использования данного метода необходимо было разработать общую схему метода, что в дальнейшем позволит повысить эффективность от его применения.*

*Ключевые слова: геометрическое моделирование, вариативное дискретное геометрическое моделирование, дискретная интерполяция, общая схема сгущения.*

**Постановка проблемы.** Интерполяция в научных исследованиях и инженерной практике находит широкое применение [1,5,7,10,]. Стремительное внедрение вычислительной техники во все сферы научной и производственной деятельности требует разработки адекватных методов дискретной обработки информации, которые в максимальной степени учитывают дискретный характер вычислительных процессов в ЭВМ, а также дискретный характер работы исполнительных механизмов и устройств вывода графической информации. Существует широкое многообразие методов дискретного геометрического моделирования которые позволяют решать задачу сгущения ДПК произвольной формы. Данные методы различаются сложностью и универсальностью при решении прикладных задач геометрического моделирования. Среди известных методов дискретной интерполяции следует выделить отдельное направление - вариативное дискретное геометрическое моделирование (ВДГМ) [5,7], определяющая особенность которого заключается в том, что в результате моделирования вычисляется не одно значение параметра, а интервал его допустимых значений, из которого и выбирается искомое, оптимальное в смысле задачи, значение параметра. Одним из методов ВДГМ является метод вариативного формирования разностных схем угловых параметров [12], отличительной особенностью которого является то, что он использует угловые параметры в процессе сгущения, а так же то, что одинаково эффективен как для выпуклых (вогнутых) ДПК, так и ДПК с особенностями в геометрии. Однако, как и большинство существующих методов, при практическом его применении используются не только основной алгоритм метода, а и его модификации. Поэтому, для практического использования данного метода необходимо разработать общую схему метода, что в дальнейшем позволит повысить эффективность от его применения.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Проведенные в рамках вариативного дискретного геометрического моделирования

(ВДГМ) исследования [1,2,5,7,11,17], показали эффективность разработанных методов дискретной интерполяции для решения прикладных задач, особенно при использовании методов, опирающихся на угловые параметры [8]. Однако, наряду с имеющимися преимуществами, разработанные на сегодня методы ВДГМ [1,2,5,7,11,12,17], еще имеют перспективы дальнейшего развития и исследований которые были рассмотрены в работах Найдиша В.М. и его учеников. В основном это связано с расширением возможностей управления формой моделируемой кривой, осуществлении её локальной коррекции, а так же выбора оптимального алгоритма сгущения для различных вариантов исходных данных. Поэтому, исследование, проведенное в работе, является актуальным.

**Формулирование целей статьи.** Целью статьи является составление общей схемы сгущения при использовании метода вариативного формирования разностных схем угловых параметров.

**Основная часть.** В исследованиях [12] была предложена вариативная схема сгущения на основе угловых параметров:

$$(1 - \eta_{i-1})\gamma_{i-0.5}^1 + \gamma_i^1 + \eta_i\gamma_{i+0.5}^1 = \gamma_i^0, \quad i = \overline{1; n-1}, \quad (1)$$

где  $\gamma_i^0, \gamma_i^1$  – углы смежности между звеньями сопровождающей ломаной линии (СЛЛ) до и после первого шага сгущения (индекс вверху) в  $i$ -м узле ДПК;

$\gamma_{i+0.5}^1$  – угол смежности в точке сгущения  $i + 0.5$ ;

$\eta \in [0;1]$  – коэффициент соотношения угловых параметров:

$$\eta_i = \frac{\gamma_i^0}{\gamma_i^0 + \gamma_{i+1}^0}, \quad i = \overline{0; n-1}. \quad (2)$$

Процесс дискретной интерполяции и управления формой произвольных ДПК можно осуществлять в результате наложения дополнительных условий на соотношение между углами смежности и их широкой вариации в системе уравнений вариативной схемы сгущения, который возможен на основе использования **основного алгоритма** сгущения [13] определения координат точек сгущения.

Однако, как и большинство существующих методов дискретной интерполяции, для сгущения плоских ДПК произвольной конфигурации используют не только основной алгоритм метода, но и его модификации в зависимости от вида сгущаемых участков (вогнутые, выпуклые, содержат переходные или прямолинейные участки, особые точки). Поэтому актуальным является процесс выбора алгоритма сгущения в процессе интерполяции плоских ДПК произвольной конфигурации. Рассмотрим данный вопрос подробнее.

Исходными данными в процессе сгущения являются координаты исходного дискретно представленного точечного ряда

(ТР). На основании исходных данных определяются геометрические характеристики ДПК согласно алгоритму, рассмотренному в [13]. Кроме того, полученные данные анализируются на наличие аномальных точек. В случае наличия аномальных точек осуществляется их коррекция по алгоритму, рассмотренному в [14].

Процесс сгущения осуществляется согласно основного алгоритма разработанного метода сгущения на основе вариативного формирования разностных схем угловых параметров, с учётом геометрических особенностей исходного ТР (переходные, прямолинейные, выпуклые и вогнутые участки). Однако, данный метод можно использовать также эффективно и при наложении других дополнительных условий [16].

На основании полученных углов смежности, определяются геометрические характеристики сгущенной ДПК. После чего происходит проверка на необходимость дальнейшего сгущения по условию:  $\max |\gamma_{i+0,5}^1| \leq \varepsilon, \quad i = \overline{0; n-1}$ . При не выполнении данного условия процесс сгущения повторяется. В противном случае, полученные точки сгущенного ряда формируют конечный профиль для дальнейшей передачи в обрабатывающий центр. Общая схема метода представлена на рис. 1.

Использование данного метода сгущения в процессе геометрического моделирования позволяет:

- пошагово осуществлять глобальное согласованное сгущение ДПК на неравномерной сетке за счет вариации значений управляющих параметров в области многоугольника решений, формируя глобальное согласованное сгущение всей ДПК;
- осуществлять локальную коррекцию любого отдельно взятого звена исходной ДПК за счет варьирования, в пределах диапазона допустимых значений, введенного в работе коэффициента соотношения угловых параметров;
- использовать геометрические параметры исходной ДПК, их положение относительно осей координат, а так же их взаимное расположение в процессе сгущения;
- увеличить влияние исходной информации на процесс сгущения за счет увеличения количества управляющих параметров;
- удовлетворять дополнительным условиям на соотношение углов смежности в предложенной вариативной схеме с целью получения новых возможностей в моделировании и управлении формой моделируемой кривой;
- значительно сократить процесс расчётов и снизить затраты времени для получения результата.



(19)

Рис.1. Общая схема метода вариативного формирования разностных схем угловых параметров

Следует отметить, что в рамках метода были решены задачи моделирования ДПК с особенностями (ДПК содержащие прямолинейные и переходные участки, а так же особые точки)[3,6,15].

*Выводы.* В статье представлена общая схема метода сгущения на основе вариативного формирования разностных схем угловых параметров. Полученные результаты целесообразно использовать при построении геометрических моделей явлений и процессов с наперед заданными дифференциально геометрическими характеристиками.

### *Література*

1. Верещага В.М. Дискретно–параметрический метод геометрического моделирования кривых линий и поверхностей : дис. ... д–ра техн. наук : 05.01.01. Мелитополь, 1996. 320 с.
2. Лебедев В.О. Дискретна інтерполяція дискретно представлених кривих ліній на основі кутів згущення : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. Мелітополь, ТДАТА. 2004. 22 с.
3. Найдиш А.В. Спірінцев Д.В. Дискретна інтерполяція перехідних ділянок ДПК на основі розв’язання різницевих схем. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії. «Прикладна геометрія та інженерна графіка»*. Мелітополь: ТДАТА, 2008. Вип. 37. С.3-8.
4. Найдиш А.В. Спірінцев Д.В. Згущення просторових ДПК на основі їх параметричного подання. *Праці Харківського державного університету харчування та торгівлі. «Геометричне та комп’ютерне моделювання»*. Харків, 2009. Вип. 23. С.66-71.
5. Найдиш А.В., Балюба І.Г., Верещага В.М., Спірінцев Д.В. Науково-методологічні основи вариативного дискретного геометричного моделювання. *Сучасні проблеми моделювання. Технічні науки*. Мелітополь, 2019. Вип.13. С. 114-123.
6. Найдиш А.В., Спірінцев Д.В., Пахаренко В.О., Балюба І.Г. Особливості дискретної інтерполяції ДПК в околі особливих точок. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. К.: КНУБА, 2019. Вип. 95. С.165-169.
7. Найдиш В.М. Дискретне геометричне моделювання: сутність, особливості, різновиди. *Праці Тавр. держ. агротехн. академії*. Мелітополь, 2004. Вип. 4, Т. 24. С. 100-105.
8. Найдиш В.М., Найдиш А.В., Лебедев В.О. Використання кутових параметрів при згущенні дискретно представлених кривих. *Матеріали міжнародної наук. - практи. конф. “Сучасні проблеми геометричного моделювання”*. Львів, 2003. С. 23–25.
9. Найдиш В.М., Спірінцев Д.В. Варіативна схема згущення ДПК на основі кутових параметрів з використанням додаткових умов. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії. «Прикладна*

- геометрія та інженерна графіка*». Мелітополь: ТДАТА, 2007. Вип. 35. С.3-9.
10. Половко А.М., Бутусов П.Н. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации. СПб.: БХВ–Петербург. 2004. 320 с.: ил.
  11. Спиринцев В.В. Дискретная интерполяция дискретно представленных кривых линий на основе заданного закона изменения угловых параметров : дис. ... к-та. техн. наук: 05.01.01. Мелітополь, 2006, 163 с.
  12. Спиринцев Д.В. Дискретная интерполяция на основе вариативного формирования разностных схем угловых параметров : дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. Мелітополь, 2010. 214 с.
  13. Спиринцев Д.В., Найдыш А.В. Основной алгоритм метода сгущения на основе вариативного формирования разностных схем угловых параметров. Сборник докладов XVIII Юбилейной международной научно-практической конференции «Научные итоги: достижения, проекты, гипотезы». Выпуск 18. – Минеральные Воды, 2013. С. 147-150.
  14. Спиринцев Д.В., Найдыш А.В., Лебедев В.О., Спиринцев В.В. Алгоритм коррекции аномальных точек в методе вариативного формирования разностных схем угловых параметров. *Сучасні проблеми моделювання. Технічні науки*. Мелітополь, 2020. Вип. 17. С123-130.
  15. Спиринцев Д.В. Згущення прямолінійних ділянок ДПК на основі варіативного формування різницевих схем кутових параметрів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. «Прикладна геометрія та інженерна графіка»*. Мелітополь: ТДАТУ, 2008. Вип. 39. С.155-161.
  16. Спиринцев Д.В., Найдыш А.В. Застосування додаткових умов моделювання у методі на основі варіативного формування різницевих схем кутових параметрів. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2011. Вип. 1. Т.2. С. 150-160.
  17. Щербина В.М. Геометрическое моделирование спиралеобразных дискретно представленных кривых линий : дис. ... к-та. техн. наук: 05.01.01. Мелітополь, ТДАТА, 2003. 192 с.

## **ЗАГАЛЬНА СХЕМА МЕТОДУ ВАРІАТИВНОГО ФОРМУВАННЯ РІЗНИЦЕВИХ СХЕМ КУТОВИХ ПАРАМЕТРІВ**

Спирінцев Д.В., Найдиш А.В., Фоменко В.Г., Спирінцев В.В.

*Аналіз відомих методів неперервного геометричного моделювання показав, що вони спираються на заздалегідь визначений клас функцій. Це призводить до заміни диференційно-геометричних характеристик ДПК на характеристики цих функцій і не виключає впливу властивостей моделюємої функції на результат моделювання. Зазначених вище недоліків позбавлені методи дискретної інтерполяції, які крім того, що гарантують відсутність осциляції і мають широкі можливості локальної корекції рішення, мають простоту розрахункових алгоритмів і їх програмної реалізації.*

*Існує широке різноманіття методів дискретного геометричного моделювання які дозволяють вирішувати завдання згущення ДПК довільної форми. Дані методи розрізняються складністю і універсальністю при вирішенні прикладних задач геометричного моделювання. Серед відомих методів дискретної інтерполяції слід виділити окремий напрямок - варіативної дискретне геометричне моделювання (ВДГМ), особливість якого полягає в тому, що в результаті моделювання обчислюється не одне значення параметра, а інтервал його допустимих значень, з якого і вибирається шукане, оптимальне в сенсі завдання, значення параметра. Одним з методів ВДГМ є метод варіативного формування різницевих схем кутових параметрів, відмінною рисою якого є те, що він використовує кутові параметри в процесі згущення, а також те, що він однаково ефективний як для опуклих (увігнутих) ДПК, так і ДПК з особливостями в геометрії. Однак, як і більшості існуючих методів, при практичному його застосуванні використовуються не тільки основний алгоритм методу, а й його модифікації в залежності від виду ділянок (увігнуті, опуклі, містять перехідні або прямолінійні ділянки, особливі точки). Тому, для практичного використання даного методу необхідно було розробити загальну схему методу, що в подальшому дозволить підвищити ефективність від його застосування.*

*Ключові слова: геометричне моделювання, варіативної дискретне геометричне моделювання, дискретна інтерполяція, загальна схема згущення.*

## **GENERAL SCHEME OF THE METHOD OF VARIATIVE FORMATION OF DIFFERENT SCHEMES OF ANGULAR PARAMETERS**

Spirintsev D., Naydysh A., Fomenko V., Spirintsev V.

*An analysis of the known methods of continuous geometric modeling showed that they rely on a predetermined class of functions. This leads to the replacement of the differential-geometric characteristics of the DPC by the characteristics of these functions and does not exclude the influence of the properties of the modeling function on the simulation result. Discrete interpolation methods are deprived of the above drawbacks, which, in addition to guaranteeing the absence of oscillations and having wide possibilities for local solution correction, have the simplicity of computational algorithms and their software implementation.*

*There is a wide variety of discrete geometric modeling methods that allow you to solve the problem of thickening of the duodenum of arbitrary shape. These methods differ in complexity and versatility in solving applied problems of geometric modeling. Among the well-known methods of discrete interpolation, a separate direction should be distinguished - variable discrete geometric modeling (VDGM) [1], the defining feature of which is that as a result of modeling not one parameter value is calculated, but the interval of its admissible values, from which the desired one is selected, optimal in the sense of the problem, the value of the parameter. One of the methods of VDGM is the method of variably forming difference schemes of angular parameters, the distinguishing feature of which is that it uses angular parameters in the process of condensation, as well as that which is equally effective for convex (concave) DPC, and DPC with features in geometry. However, like most existing methods, in its practical application not only the main algorithm of the method is used, but also its modifications depending on the type of condensed sections (concave, convex, contain transitional or rectilinear sections, singular points). Therefore, for the practical use of this method, it was necessary to develop a general scheme of the method, which in the future will increase the efficiency of its application.*

*Keywords: geometric modeling, variable discrete geometric modeling, discrete interpolation, general interpolation scheme.*