

УДК 514.182.7: 519.651

ПРОБЛЕМА ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ У ВАРІАТИВНОМУ ДИСКРЕТНОМУ ГЕОМЕТРИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ

Найдиш А.В., д.т.н.,

Балюба І.Г., д.т.н.,

Верещага В.М., д.т.н.,

Спірінцев Д.В., к.т.н.

*Мелітопольська школа прикладної геометрії,
Мелітопольський державний педагогічний університет
імені Богдана Хмельницького (Україна)*

У роботі розглядається з систематичної точки зору проблема підвищення точності варіативного дискретного геометричного моделювання (ВДГМ) та напрями і можливості її розв'язання.

Сучасні методи моделювання різняться за призначенням, універсальністю, складністю та ін., але підсумковою характеристикою метода, як правило, є точність, тому проблема підвищення точності є актуальною. Точність методу моделювання залежить від багатьох факторів і тому має комплексний, певним чином методологічний, характер і потребує окремих досліджень для кожного методу. Одним з актуальних напрямів геометричного моделювання є ВДГМ і означена вище проблема є актуальною і для нього.

Метою даної статті є висвітлення взаємозв'язків основних факторів, параметрів та методів ВДГМ з метою визначення їх впливу на точність моделювання, формулювання вимог до новостворюваних методів, визначення напрямів удосконалення вже існуючих.

Зважаючи на комплексний характер проблеми підвищення точності зазначимо, що проблема підвищення точності має не тільки науковий, але й методологічний аспект.

Розглядаються основні фактори, що впливають на процес та якість геометричного моделювання. З цих позицій найбільш перспективними здаються методи, що орієнтуються на геометричні співвідношення між елементами та параметрами представлення, оскільки вони володіють значними можливостями підвищення точності, локальної корекції, запобігання осциляції.

Відзначаються властивості ВДГМ, що значною мірою впливають на точність моделювання, забезпечуючи її підвищення.

Вказані властивості є одночасно і вимогами при розробці нових та удосконаленні існуючих методів ВДГМ.

Виявлення основних та супутніх факторів впливу на точність моделювання ВДГМ, що зроблені у статті, дає змогу визначити вхідні обмеження при розробці нових методів та означити можливості удосконалення існуючих.

Ключові слова: варіативне дискретне геометричне моделювання (ВДГМ), дискретна геометрична модель, дискретне геометричне моделювання (ДГМ), дискретно представлена крива (ДПК), точність моделювання.

Постановка проблеми. Існуючий на теперішній час арсенал методів моделювання пропонує інженеру-досліднику для розв'язання науково-прикладних задач дуже широкий вибір інструментів які різняться за призначенням, універсальністю, складністю та ін., але загальною характеристикою метода, як правило, є точність, тому проблема підвищення точності або досягнення певної точності у межах розв'язуваної задачі є актуальною. Точність методу моделювання залежить від багатьох факторів і тому має комплексний, певним чином методологічний, характер і потребує окремих досліджень для кожного методу. Одним з актуальних напрямів геометричного моделювання є варіативне дискретне геометричне моделювання (ВДГМ) і означена вище проблема є актуальною і для нього і з розвитком цього напрямку і появою в його межах нових методів потребує подальших досліджень і уточнень.

Аналіз останніх публікацій. У попередніх публікаціях [1,2,3] були висвітлені основні поняття і напрямки розвитку напрямку ВДГМ, геометричні аспекти деяких його складових. В роботах з аспірантами [4] було запропоновано нові методи (способи) ВДГМ з обов'язковим розглядом питань збіжності та точності обчислювальних алгоритмів, досліджені можливості недопущення осциляції, але систематичного огляду даної проблеми не зроблено.

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є висвітлення взаємозв'язків основних факторів, параметрів та методів ВДГМ з метою визначення їх впливу на точність моделювання, формулювання вимог до новостворюваних методів, визначення напрямів удосконалення вже існуючих.

Основна частина. Зважаючи на комплексний характер проблеми підвищення точності їй супутні і взаємопов'язані з нею інші проблеми; наведемо основні з них:

- адекватність методу тому процесу чи явищу, що моделюється;
- якість (у широкому сенсі) алгоритмічного та програмного забезпечення;

- трудомісткість методу на отримання результату та своєчасне прийняття управлінського (корегуючого) рішення;
- запобігання осциляції;
- можливість локального розв'язку;
- можливість локальної корекції розв'язку;
- введення управляючих параметрів (коефіцієнтів) впливаючих на кінцевий результат та ін.

З цього неповного переліку видно, що проблема підвищення точності має не тільки науковий, але й методологічний аспект і зрозуміло, що високі результати моделювання гарантують методи, які найбільш повно враховують і забезпечують розв'язання супутніх проблем. Стосовно методів моделювання зазначимо що, досягнення необхідної точності можливе на шляху створення вузько спеціалізованих методів або розробки універсальних методів з широким спектром можливостей по адаптації методу до розв'язання задач моделюемого явища. Хоча, досвід досліджень з геометричного моделювання свідчить, що спеціалізовані методи можуть бути отримані, як окремі випадки універсальних методів. Тому перевагу слід віддати розробці більш універсальних та гнучких методів.

Розглянемо *основні фактори*, що впливають на процес та якість геометричного моделювання:

1. Змістовна частина поставленої задачі та вимоги, що пред'являються до результату моделювання.
2. Геометрична інтерпретація (формалізація) задачі, що є основою геометричної моделі. Важливим моментом при цьому є виявлення та дотримання внутрішньої геометрії моделюємої кривої (поверхні) з метою її забезпечення у процесі моделювання.
3. Спосіб дискретного подання вхідної ДПК. Дискретне представлення моделюємої кривої складається [4, 5, 7] з наступних елементів:

- елементи представлення (точки, відрізки);
- параметри (лінійні, кутові, диференціальні, інтегральні);
- системи координат (декартова, полярна, кутова, радіусна, радіусно-кутова, радіусно-паралельна, паралельно-кутова).

Подання ДПК значною мірою впливає на ефективність процесу та результати моделювання. Важливим при цьому [5] є співвідношення і залежності, згідно з якими можна здійснити перехід від одних елементів (параметрів) представлення до інших, від однієї системи координат (наприклад, системи подання ДПК) до іншої згідно до умов задачі або де метод моделювання є найбільш ефективним у сенсі отримання розв'язку і подання його у форматі задачі.

4. Власне, сам метод моделювання, який повинен враховувати фактори 1-3 і бути достатньо ефективним для розв'язання поставленої задачі з заданою точністю. У якості моделей можуть бути моделі інтерполяції, апроксимації, дискретного диференціювання та інтегрування; формуються вони на базі геометричних співвідношень, тотожностей або базисних функцій. Моделі екстраполяції можуть бути отриманими на основі вказаних, як продовження розрахунків відповідної моделі за межі визначення ДПК.
5. Для моделей інтерполяції важливою є розробка методів для вхідних даних з особливостями (прямолінійні відрізки, особливі точки та ін.). Саме при інтерполяції таких даних неперервними методами спостерігається значна втрата точності із-за осциляції [6], що при цьому виникає.
6. Для моделей апроксимації важливим є моделювання вхідних даних з похідними у деяких (або у всіх) точках апроксимуючої ДПК, а також кускова апроксимація [7], особливо без врахування апроксимуючої функції [1].

Якщо з цих позицій проаналізувати напрямки формування моделей, то найбільш перспективними здаються методи, що орієнтуються на геометричні співвідношення між елементами та параметрами представлення, оскільки вони володіють значними можливостями підвищення точності, локальної корекції, запобігання осциляції [1]. Все це має пряме відношення до моделей дискретного диференціювання і дискретного інтегрування.

Відзначимо *властивості ВДГМ*, що значною мірою впливають на точність моделювання, забезпечуючи її підвищення:

1. Виключення з процесу моделювання етапу вибирання моделюючої функції та її аналітичного представлення, притаманного неперервному моделюванню. Це спрощує обчислювальний процес, підвищує ефективність та якість розв'язання задачі моделювання та виключається вплив (спотворення) моделюючої функції на результат моделювання.
2. Оскільки точки розраховуються покроково, то є можливість контролювати на кожному кроці появу осциляції і таким чином запобігати цьому явищу.
3. Алгоритми ВДГМ можна побудувати з урахуванням апріорної інформації (з вхідного точкового ряду), що дає можливість дотримувати внутрішню геометрію вхідної ДПК (сукупність її дискретних диференціально-геометричних характеристик, що визначають її властивості незалежно від системи координат віднесення). При такій методології процесу моделювання, головне завдання подальшого моделювання ДПК - дотримання тенденції

- зміни вказаних характеристик, а результуюча ДПК буде відповідати внутрішній геометрії вхідної ДПК.
4. Кількість додаткових умов, що враховуються в процесі роботи обчислювальних алгоритмів ВДГМ, не має принципового характеру и не впливає на структуру алгоритмів.
 5. Ефективні можливості управління формою моделюємої кривої, урахування особливих умов та локальної корекції розв'язку [2, 3, 4].
 6. Стійкість та збіжність обчислювальних схем і алгоритмів, завдяки чому не відбувається накопичення або лавиноподібне зростання похибок;
 7. Можливість введення адаптованих [5] систем координат.
 8. Варіативність методів - вибір параметрів із області їх припустимих значень, а не детермінований їх розрахунок.

Вказані властивості є одночасно і вимогами при розробці нових та удосконаленні існуючих методів ВДГМ, оскільки відповідність цим властивостям (вимогам) гарантує забезпечення заданої точності моделювання. Наприклад, вимога відсутності осциляції одночасно є елементом формування геометричних схем та обчислювальних алгоритмів.

Оскільки напрям ВДГМ та його методи мають прикладну спрямованість, то кращим доведенням їхньої якості та ефективності є розв'язання конкретних прикладних задач, за умови забезпечення необхідної точності. Деякі задачі, де методи ВДГМ, показали хороші результати:

- профілювання кулачків, лопаток тощо;
- профілювання каркасу ліній поверхонь каналів;
- моделювання ліній каркасу аерогідродинамічних поверхонь, зокрема, облицювальних поверхонь легкових автомобілів;
- обробка статистичного матеріалу і складання прогнозних моделей;
- дискретне моделювання виробничих функцій;
- розв'язання задач економіко-математичного моделювання.

Висновки. Проблема підвищення точності моделювання має комплексний, науково-методологічний характер, оскільки потребує розв'язання не тільки безпосередніх задач процесу моделювання, але й комплексу всіх супутніх проблем цього процесу. Особливість методів напряму ВДГМ – це їх побудова та удосконалення з урахуванням цих факторів. Виявлення основних та супутніх факторів впливу на точність моделювання ВДГМ, що зроблені у статті, дає змогу визначити вхідні обмеження при розробці нових методів та означити можливості удосконалення існуючих. У подальших публікаціях планується розглянути обчислювальні властивості ВДГМ.

Література

1. Найдиш В.М., Найдиш А.В. Геометричні аспекти дискретної інтерполяції. *Праці Тавр. держ. агротехн. академії*. Мелітополь: ТДАТА, 2004. Вип. 4, т. 23. С. 3-8.
2. Найдиш В.М. Дискретне геометричне моделювання: сутність, особливості, різновиди. *Праці Тавр. держ. агротехн. академії*. Мелітополь: ТДАТА. 2004. Вип. 4, т. 24. С. 100-105.
3. Найдиш А.В., Балюба І.Г., Верещага В.М., Спирінцев Д.В. Варіативне дискретне геометричне моделювання. *Сучасні проблеми моделювання: наукове фахове видання / МДПУ ім. Б. Хмельницького*. Мелітополь, 2018. Вып.11. С. 108-114.
4. Найдиш А.В. Досвід та перспективи діяльності мелітопольської школи прикладної геометрії. *Геометрическое моделирование и компьютерные технологии: теория, практика, образование: Материалы 6 международной научно-практической конф., 21-24 апреля 2009г. Х.: ХГУПТ, 2009. С. 15-22.*
5. Найдиш В.М. Різновиди систем координат локального згущення. *Праці Тавр. держ. агротехн. академії*. Мелітополь, ТДАТА, 2003. Вип. 4, Т. 20. С. 3-8.
6. Найдиш В.М., Тищенко В.І. Про можливості появи осциляції при дискретній інтерполяції на основі базисних функцій. *Праці Тавр. держ. агротехн. академії*. Мелітополь, ТДАТА, 2004. Вип. 4, Т. 27. С. 46-50.
7. Пихтєєва І.В. Кускова дискретна МНК-апроксимація. *Праці Тавр. держ. агротехн. академії*. Мелітополь, ТДАТА, 2004. Вип. 4, Т. 24. С. 103-109.

ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ В ВАРИАТИВНОМ ДИСКРЕТНОМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Найдыш А.В., Балюба И.Г., Верещага В.М., Спиринцев Д.В.

В работе рассматривается с систематической точки зрения проблема повышения точности вариативного дискретного геометрического моделирования (ВДГМ) и направления и возможности ее решения.

Современные методы моделирования различаются по назначению, универсальностью, сложностью и др., но итоговой характеристикой метода, как правило, является точность, поэтому проблема повышения точности является актуальной. Точность метода моделирования зависит от многих факторов и поэтому имеет комплексный, определенным образом методологический,

характер и требует отдельных исследований для каждого метода. Одним из актуальных направлений геометрического моделирования является ВДГМ и указанная выше проблема актуальна и для него.

Целью данной статьи является установление взаимосвязей основных факторов, параметров и методов ВДГМ с целью определения их влияния на точность моделирования, формулирование требований к вновь создаваемым методам и определение направлений совершенствования уже существующих.

Учитывая комплексный характер проблемы повышения точности, отметим, что проблема повышения точности имеет не только научный, но и методологический аспект.

Рассматриваются основные факторы, влияющие на процесс и качество геометрического моделирования. С этих позиций наиболее перспективными представляются методы, ориентированные на геометрические соотношения между элементами и параметрами представления, поскольку они обладают значительными возможностями повышения точности, локальной коррекции, предотвращения осцилляции.

Отмечаются свойства ВДГМ, в значительной степени влияющие на точность моделирования, обеспечивая ее повышение. Указанные свойства являются одновременно и требованиями при разработке новых и совершенствовании существующих методов ВДГМ.

Выявление основных и сопутствующих факторов влияния на точность моделирования ВДГМ, сделанные в статье, позволяет определить входные ограничения при разработке новых методов и обозначить возможности усовершенствования существующих.

Ключевые слова: вариативное дискретное геометрическое моделирование (ВДГМ), дискретная геометрическая модель, дискретное геометрическое моделирование (ДГМ), дискретно представленная кривая (ДПК), точность моделирования.

PROBLEM OF INCREASE OF ACCURACY IN VARIABLE DISCRETE GEOMETRIC MODELING

Naidysh A., Baluba I., Vereshchaga V., Spirintsev D.

The paper considers from a systematic point of view the problem of increasing the accuracy of variable discrete geometric modeling (VDGM) and the direction and possibility of its solution.

Modern modeling methods differ in purpose, versatility, complexity, etc., but the final characteristic of the method, as a rule, is accuracy, so the

problem of increasing accuracy is relevant. The accuracy of the modeling method depends on many factors and therefore has a complex, methodological character, and requires separate studies for each method. One of the current areas of geometric modeling is VDGM and the above problem is relevant for him.

The purpose of this article is to establish the interrelationships of the main factors, parameters and methods of the VDGM in order to determine their impact on the accuracy of modeling, formulate requirements for newly created methods and determine ways to improve existing ones.

Given the complex nature of the problem of improving accuracy, we note that the problem of increasing accuracy has not only a scientific, but also a methodological aspect.

The main factors affecting the process and quality of geometric modeling are considered. From these positions, the most promising are methods that focus on the geometric relationships between the elements and presentation parameters, since they have significant potential for improving accuracy, local correction, and preventing oscillation.

The properties of VDGM are noted, which significantly affect the accuracy of modeling, ensuring its improvement. These properties are both requirements in the development of new and improvement of existing methods of VDGM.

The identification of the main and associated factors influencing the accuracy of the modeling of the VDGM made in the article allows to determine the input constraints when developing new methods and to identify opportunities for improving existing ones.

Keywords: variable discrete geometric modeling (VDGM), discrete geometric model, discrete geometric modeling (DGM), discretely represented curve (DPC), modeling accuracy.