УДК 514.182
д.т.н., доцент Ботвіновська С.І.,
Botvinovska@ua.fm, ORCID: 0000-0002 -1832-1342,
Київський національний університет будівництва і архітектури
DOI: 10.32347/2076-815x.2019.70.86-98

МОДЕЛЮВАННЯ ДИСКРЕТНОГО АНАЛОГА ЄДИНОЇ ГАЛДКОЇ ПЛОСКОЇ КРИВОЇ ЛІНІЇ

Пропонується методика моделювання дискретного аналога єдиної гладкої плоскої кривої лінії за допомогою статико-геометричного методу моделювання. Оскільки задачі інтерполяції займають важливе місце серед інших задач моделювання, виникає необхідність у проведенні досліджень впливу заданих вихідних умов на форму модельованої кривої, або поверхні.

Ключові слова: дискретний аналог, єдина гладка плоска крива лінія, моделювання каркаса, дискретний каркас, включення у каркас додаткових вузлів.

Постановка проблеми. Важливою задачею при конструюванні архітектурних оболонок покриттів залишається задача включення у каркас модельованої поверхні ліній заданої форми та положення (частіше за все це задачі включення у дискретні каркаси поверхонь довільних вузлів або кривих ліній). Продемонструвати основну ідею розв’язання поставленої задачі моделювання дискретних каркасів таких поверхонь краще за все можна на прикладі моделювання дискретних каркасів плоских кривих ліній, які будуть включати у себе задані вузли.

Формулювання цілей і задач. Основною задачею даної публікації є демонстрація розширених можливостей узагальненого статико-геометричного методу для формотворення кривих ліній та поверхонь. Основна мета запропонувати методику геометричного моделювання дискретних аналогів гладких кривих ліній або криволінійних поверхонь із заданими вузлами та лініями, які необхідно включити у дискретні каркаси модельованих геометричних об’єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як правило складні форми геометричних об’єктів можуть з’являтись у архітекторів, дизайнерів або інженерів у процесі їх моделювання на інтуїтивній основі. У процесі такого моделювання автори використовують різні методи та математичні підходи, серед яких особливе місце займає дискретне геометричне моделювання. Серед робіт, у яких моделюються одновимірні геометричні образи за допомогою статико-геометричного методу слід відзначити роботи науковців Київської та Луцької шкіл [1 – 8]. У цих задачах статико-геометричний метод повністю і цілком є наочною інтерпретацією методу скінчених різниць і дозволяє наочно продемонструвати процес формотворення дискретно представлених кривих. У роботі [8] запропоновано алгоритм побудови множини точок, що наближено належать ланцюговій лінії, яка задана точками кріплення і максимальним рівнем точки прогону над горизонтальною площиною. Автори запропонували використання рівномірно розподіленого навантаження, але результати досліджень показали, що остаточно задати точку прогону неможливо, оскільки для цього необхідно окрім умови її належності лінії задати ще й умову дотику ланцюгової лінії до дотичної в цій точці.

В багатьох задачах моделювання криволінійних геометричних обводів виникає задача врахування тих або інших заданих параметрів. Серед яких можуть бути задані вузли, дотичні у вузлах, задані графіки зміни кривини тощо. Цікавий підхід до моделювання криволінійних обводів на основі сплайн функцій було продемонстровано у роботі [11], де враховувались задані закони кривини, проходження кривої лінії через задані вузли, кути між дотичними у крайових точках. Оскільки, навіть при достатньо великій кількості вузлів у комп’ютерній реалізації, крива відтворювалась як ламана лінія, цю задачу можна розглядати як дискретне моделювання, забувши про те, що цей спосіб створено на основі колових сплайнів. У роботі [12] автор розв’язує задачу моделювання суцільних та складених плоских та просторових кривих ліній, за заданими крайовими умовами до яких входять значення кривини та скруту. Для цього використовується статико-геометричний метод, коли значення кривин пропорційні зовнішнім зусиллям, прикладеним до вершин ламаної. Такий спосіб моделювання кривих ліній які можуть використовуватись у подальшому в дорожньому будівництві довів, що використання статико-геометричного методу дозволяє управляти формою дискретної рівноланкової кривої за рахунок зміни графіка розподілу зовнішніх зусиль між вузлами. Але, автор не моделював криві лінії, які повинні були проходити через задані точки на площині або у просторі. У роботі [13] створено алгоритми моделювання дискретних ламаних на основі управління параметрами зовнішнього навантаження на вузли. Розроблено алгоритм згущення дискретної ламаної за допомогою заданих всередині інтервалу вузлів, що дозволяє довільно змінювати крок вузлів дискретного каркаса лінії. У процесі моделювання використовувались скінчено-різницеві оператори різних розмірностей, а геометричні параметри дискретного каркаса залишались незмінними.

Актуальність та новизна представлених досліджень. Актуальність дослідження визначається принциповою можливістю моделювання одновимірних криволінійних об’єктів, які повинні проходити через задані точки на площині. Новизна досліджень полягає в узагальненні статико-геометричного методу у напрямку збагачення його можливостей для моделювання єдиних гладких плоских кривих, що включають задані вузли у майже необмеженій кількості.

Результати досліджень та їх обґрунтування. Моделювання дискретних каркасів кривих ліній, як і будь-яких геометричних фігур, базується на відомому факті рівності кількості геометричних параметрів і умов, які вони можуть задовольняти. При формуванні дискретних каркасів ліній та поверхонь можна враховувати практично будь-яке число вихідних даних, які не перебільшують число параметрів сітки. Точніше, для задач дискретної інтерполяції число заданих параметрів повинно дорівнювати числу вільних параметрів сітки, для двовимірних образів моделювання, або дискретного каркаса, для одновимірних геометричних образів.

Існує два підходи до реалізації такої задачі шляхом складання системи скінчено-різницевих рівнянь рівноваги вузлів.

Перший підхід – коли число рівнянь, що пов’язують між собою координати вузлів сітки, повинно відповідати числу невідомих координат. Кожне з рівнянь складається за певним скінчено-різницевим оператором (обчислювальним шаблоном), без урахування зусиль, виконується інтерполяція параболічними шаблонами [1]. Якщо моделюється дискретний каркасів кривої лінії, то необхідно обрати розмірність шаблона такою, щоб зміщення шаблона у процесі інтерполяції відбувалося тільки на один вузол. У такому випадку є можливість отримати дискретний аналог єдиної плавної кривої лінії.

Другий підхід – дискретно представлена крива або поверхня формуються як врівноважені нитка або врівноважена поверхня під дією зовнішніх зусиль [1-9]. У цьому випадку для всіх вузлів, крім закріплених складається система рівнянь рівноваги вузлів:

$$u_{i-1} - u_i + u_{i+1} - kP_i = 0 \quad (1)$$

де u_i– відповідна координата вузла у заданій системи координат; i– нумерація вузла в заданій системі нумерації вузлів; k – коефіцієнти пропорціональності внутрішніх зусиль у в’язях (для однієї і тієї ж сітки залишаються однаковими). Тоді, число рівнянь буде перебільшувати число невідомих параметрів на величину, що дорівнює числу заданих вузлів ℓ. Для того, щоб зрівняти загальне число рівнянь і число невідомих всі зусилля, діючі на вузли, приймаються як невідомі. Після чого виконується їх інтерполяція за допомогою скінчено-різницевих операторів.

Хочеться зазначити, що серед заданих вузлів слід розділяти звичайні вузли ламаної та вузли опорного контура – закріплені. На вузли опорного контура буде спиратись дискретний каркас лінії або поверхні. Для закріплених вузлів не потрібно складати рівняння рівноваги. Всі інші вузлі – внутрішні є такими, через які повинна проходити модельована лінія або поверхня. Тому, для таких вузлів обов'язково складаються рівняння рівноваги. Такий підхід дозволить змоделювати гладку лінію або поверхню.

У процесі розв'язання задач моделювання врівноважених сіток із заданими геометричними параметрами за другим підходом можна використати ще один шлях, звільнивши параметри зовнішнього навантаження на вузли. Тоді, число параметрів такого навантаження може змінюватись за рахунок його функціонального розподілу між вузлами [10, 13]. У свою чергу, функціональний розподіл зусиль між вузлами буде задаватись аналогічними до рівнянь рівноваги вузлів відповідними системами скінчено-різницевих операторів.

При формотворенні дискретного каркаса лінії необхідно вивести залежність числа додаткових рівнянь інтерполяції зовнішніх зусиль P_i та розмірність лінійного шаблона a від числа ℓ заданих незакріплених внутрішніх вузлів та загального числа вузлів $n+1$, де n – число в'язей між вузлами. Розмірність шаблона a – число елементів скінчено-різницевого лінійного оператора (число вузлів), координати яких взаємопов'язані між собою.

Можна припустити, що чим більше внутрішніх вузлів задано, тим більше цих вузлів визначають форму кривої, й тим складнішим буде закон розподілу зовнішнього вертикального навантаження на вузли дискретно представленої лінії, а значить і складнішим буде обчислювальний шаблон.

Розглянемо задачу моделювання дискретного каркаса кривої, як приклад дискретної інтерполяції заданої кількості точок на площині, що можна вважати плоским аналогом сітки. Будемо враховувати, що модельована крива лінія повинна обов'язково пройти через заданий масив точок.

Приклад 1. Змоделюємо дискретний аналого гладкої кривої лінії для якої задано контурні вузли, загальне число вузлів і додаткові внутрішні вузлі. Використаємо другий підхід з урахуванням того, що число рівнянь повинно відповідати числу невідомих параметрів кривої. Крок вузлів є рівномірним і залишається однаковим $h=1$. Моделювання починаємо з параметричного аналізу всіх заданих умов, результати наведено у таблиці 1.

Число додаткових рівнянь інтерполяції зусиль – $u=n-\ell-1$.

Загальне число рівнянь (1) системи рівноваги вузлів $d=2n-\ell-2$.

Розмірність скінчено-різницевого оператора (шаблона) – $a=\ell+3$.

Також, необхідно обрати коефіцієнти лінійного шаблона. При параболічній інтерполяції можна обирати шаблони за трикутником Паскаля, тоді при заданій розмірності a буде мати тільки один шаблон і отримаємо однозначний розв'язок поставленої задачі.

Таблиця 1.

Параметричний аналіз всіх заданих умов для моделювання дискретного аналога монотонної кривої лінії із $n+1$ вузлів

Задані параметри сітки	Невідомі параметри сітки
Загальне число в'язей – n; Число заданих вузлів кривої – $(n+1)$; Число додаткових заданих внутрішніх вузлів кривої – ℓ, при $\ell \le n-1$; Число рівнянь рівноваги для внутрішніх вузлів кривої – $(n-1)$;	Число невідомих координат вузлів кривої – $(n-1)-\ell$; Число невідомих зусиль, прикладених до вузлів кривої – $(n-1)$;

Не слід забувати, що саме скінчено-різницеві оператори для визначення величин зусиль зовнішнього навантаження прикладеного до вузлів дискретного каркаса кривої лінії задають функцію зміни (розподілу) зусиль. Використання множини вертикальних зусиль для даного прикладу відповідає власній вазі конструкції (нерозтяжної нитки).

Побудуємо врівноважену ламану лінію, яка проходить через два опорні вузла $A\,(x_A = 0;\, y_A = 0)$ та $B\,(x_B = 90;\, y_B = 0)$. Для першого варіанту прикладу задамо ще три внутрішні вузла: $C(x_C = 20;\, y_C = -20)$, $D(x_D = 50;\, y_D = -45)$; $E(x_E = 80;\, y_E = -15)$.

Складаємо систему рівнянь рівноваги вузлів типу (1) з 8-ми рівнянь та додаємо ще 5 рівнянь типу $kP_i - 5kP_{i+1} + 10kP_{i+2} - 10kP_{i+3} + 5kP_{i+4} - kP_{i+5} = 0$.

Результати розрахунків, а саме значення ординат внутрішніх вузлів, значення величин векторів вертикального зовнішнього навантаження занесено у таблицю 2.

Таблиця 2.

Координати вузлів дискретного каркаса єдиної кривої, що проходить через три задані вузла

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	0.000	10	20	30	40	50	60	70	80	90
y	0.000	-8.390	-20.00	-32.450	-41.867	-45.000	-40.569	-29.615	-15.000	0.000
P_i	1.000	3.220	0.8462	-3.0459	-6.2771	-7.5648	-6.5226	-3.6606	-0.3854	1

За наведеними результатами побудовано дискретний аналог єдиної гладкої кривої (рис. 1).

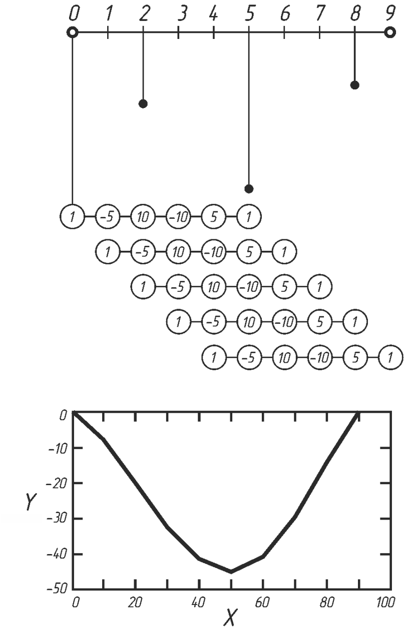

Рис. 1.

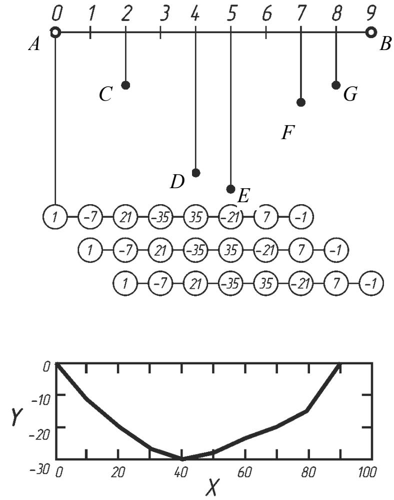

Рис. 2.

Для другого варіанту прикладу 1 задамо 5-ть внутрішніх вузлів: $C(x_C = 20;\ y_C = -20)$, $D(x_D = 40;\ y_D = -40)$; $E(x_E = 50;\ y_E = -45)$; $F(x_F = 70;\ y_F = -20)$; $G(x_G = 80;\ y_G = -15)$. Складаємо систему рівнянь рівноваги вузлів типу (1) з 8-ми рівнянь та додаємо ще 3 рівняння типу:

$$kP_i - 7kP_{i+1} + 21kP_{i+2} - 35kP_{i+3} + 35kP_{i+4} - 21kP_{i+5} + k7P_{i+6} - kP_{i+7} = 0.$$

Результати розрахунків, а саме значення ординат внутрішніх вузлів, значення величин векторів вертикального зовнішнього навантаження занесено у таблицю 3.

Лінійні шаблони можна представити не лише у вигляді рівнянь, а й так, як показано на рис. 1, 2 (безпосередньо під зображенням розрахункової схеми, наведено лінійні шаблони у вигляді кружечків, всередині яких розміщуються коефіцієнти лінійних операторів).

Запропонований підхід дозволяє необмежено збільшувати число параметрів, а саме: число заданих вузлів; задані дотичні у вузлах; задані кривини тощо. Саме ці параметри й будуть визначати форму модельованих кривих ліній.

Таблиця 3.

Координати вузлів дискретного каркаса єдиної кривої, що проходить через п'ять заданих вузлів

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	0.000	10	20	30	40	50	60	70	80	90
y	0.000	11.460	-20.00	-26.881	-30.000	-28.000	-23.501	-20.000	-15.000	-0.000
P_i	1.000	-2.920	-1.649	-3.761	-5.119	-2.499	0.998	-1.499	-10.000	1

За наведеними результатами побудовано дискретний аналог єдиної гладкої кривої лінії (рис. 2), яка проходить через п'ять заданих вузлів.

Для третього варіанту представленого прикладу задамо 4-ри внутрішні вузла: $C(x_C = 10;\ y_C = -10)$, $D(x_D = 30;\ y_D = -20)$; $E(x_E = 60;\ y_E = -20)$; $F(x_F = 80;\ y_F = -10)$; $G(x_G = 80;\ y_G = -15)$. Складаємо систему рівнянь рівноваги вузлів типу (1) з 8-ми рівнянь та додаємо ще 4 рівняння типу:

$$kP_i - 6kP_{i+1} + 15kP_{i+2} - 20kP_{i+3} + 15kP_{i+4} - 6kP_{i+5} + k7P_{i+6} = 0\,.$$

Як і у попередньому випадку результати розрахунків занесено у таблицю 4, а на рис. 3 побудовано дискретний аналог єдиної кривої лінії, яка проходить через чотири задані вузла.

Таблиця 4.

Координати вузлів дискретного каркаса єдиної кривої, що проходить через чотири задані вузла

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	0.000	10	20	30	40	50	60	70	80	90
y	0.000	11.4598	-20.000	-26.881	-30.000	-28.000	-23.501	-20.000	-15.000	-0.000
P_i	1.000	-2.920	-1.649	-3.761	-5.119	-2.499	0.997	-1.499	-10.000	1

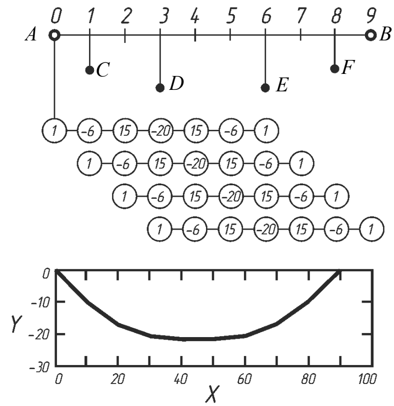

Рис. 3.

Можна використати ще один спосіб розв'язання поставленої задачі – проведення дискретної інтерполяції на площині за рахунок звільнення параметрів зовнішнього навантаження та внутрішніх зусиль у в'язях [13]. У такому випадку до системи рівнянь для розрахунків координат будуть входити крім рівнянь рівноваги вузлів ще рівняння розподілу зусиль зовнішнього навантаження. Скінчено-різницеві оператори у цьому випадку залишаються найпростішими, а саме трьохточковими, до того ж однаковими для знаходження невідомих координат вузлів і для знаходження невідомих прикладених до них зусиль.

Після проведеного параметричного аналізу для кожної задачі, щоб зберегти рівності числа невідомих параметрів і числа рівнянь необхідно включати ще додаткові постійні або змінні навантаження Q_i.

Приклад 2. Вихідні дані такі самі, що і в прикладі 1. Загальне число вузлів $n' = n + 1 = 10$, де n – це число заданих в'язей ($n = 9$), число додаткових заданих вузлів $\ell = 3$. Відповідність між числом невідомих координат вузлів кривої та числом рівнянь системи рівноваги вузлів можна представити у таблиці 5.

Таблиця 5.

Параметричний аналіз всіх заданих умов для моделювання дискретного аналога монотонної кривої лінії із $n+1$ вузлів

Число в'язей n	Число додаткових вузлів ℓ	Число невідомих		Число рівнянь системи рівноваги вузлів	
$n=9$	$\ell=3$	Координат u_i	$n-1-\ell$	u_i	$n-1$
		Зусиль P_i	$n-1$	P_i	$n-3$
		Додаткового навантаження Q_i	1	Q_i	-

Необхідно побудувати дискретний каркас єдиної гладкої кривої лінії, що повинен включати в себе три закріплені внутрішні вузла.

Складаємо систему рівнянь рівноваги вузлів типу (1) з 8-ми рівнянь та додаємо ще п'ять рівняння типу: $kP_i - 3kP_{i+1} + 3kP_{i+2} - kP_{i+3} + Q_i = 0$, де Q_i – залишається *const* для всіх внутрішніх вузлів дискретного каркаса кривої. Координати вузлів дискретно представленої кривої наведено у таблиці 6.

Таблиця 6.

Координати вузлів дискретно представленої кривої та значення зусиль зовнішнього навантаження у вузлах сітки

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	0	0	10	20	30	40	50	60	70	80
y	0	0	-20.000	-30.1349	-39.604	-45.000	-42.6365	-32.1173	-15.000	0.0000
P_i	1	-1.442	0.8559	-0.6658	-4.0732	-7.4325	-8.8097	-6.2711	-2.1173	1

Зображення дискретного каркаса при $Q_i = 1.5476$ можна побачити на рис. 4, *а*. Графік розподілу зовнішнього навантаження P_i представлено на рис. 4, *б*.

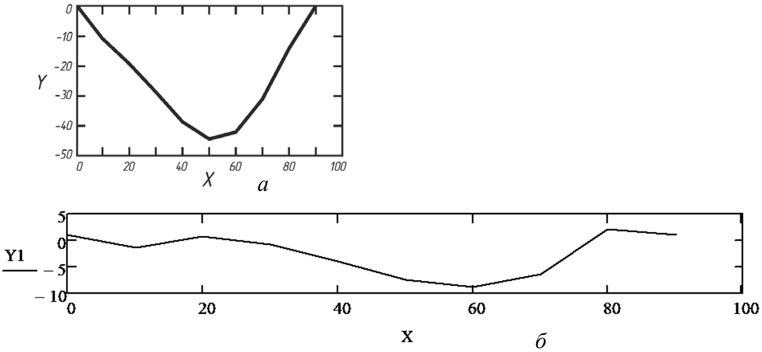

Рис. 4.

Якщо порівняти значення координат вузлів отриманої ламаної з координатами вузлів дискретного каркаса модельованої лінії у першому прикладі (рис. 1), то можна побачити, що існує невелике відхилення між координатами вузлів кривих з одними і тими ж вихідними даними. Але, це відхилення дуже незначне.

Наведені приклади лише підтверджують, що закон розподілу зовнішнього навантаження впливає на форму модельованої кривої. Також, слід враховувати відому інформацію [1], що розподіл величин зусиль зовнішнього навантаження між трьома вузлами відповідає лінійному закону розподілу, між чотирма вузлами відбувається по параболі 2-го порядку, між 5-ма вузлами – по параболі 5-го порядку і т. інш. А це суттєво впливає на кількість параметрів, змінюючи які, можна керувати формою майбутньої дискретно представленої кривої у процесі її моделювання.

Лінійні скінчено-різницеві оператори вищих порядків можна утворювати додаванням двох елементарних шаблонів, наприклад, як показано на рис. 5, тим саме задаючи інший закон розподілу зовнішніх зусиль між вузлами.

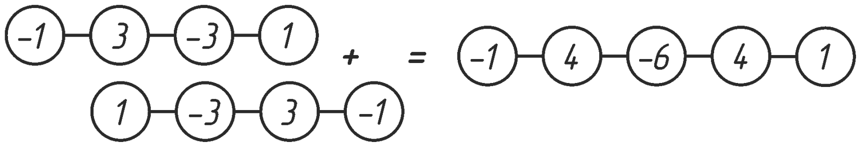

Рис. 5.

За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

Висновки та перспективи. Остаточна форма дискретно представленої кривої суттєво залежить від розмірності лінійно-різницевого оператора та його коефіцієнтів. У загальному випадку система рівнянь рівноваги вузлів залишається лінійною. Представлені приклади дозволили сформулювати наступну властивість.

Властивість. Для випадку, коли моделюється дискретний каркас ліній практично можна задавати довільне число вузлів, яке не буде перебільшувати загальне число незакріплених вузлів $\ell \leq n-1$.

Аналогічно можна враховувати не лише задані вузли але й задані дотичні у вузлах.

Описаний принцип побудови дискретних аналогів кривих ліній за другим підходом можна перенести у подальших дослідженнях на задачі моделювання дискретних каркасів поверхонь. Однак слід враховувати, що у такому випадку число заданих внутрішніх вузлів не може бути довільним, оскільки при складанні системи рівнянь число додаткових рівнянь для інтерполяції зовнішніх зусиль між вузлами буде пов’язано із розмірністю однакових шаблонів, якими необхідно покрити всі вузли сітки, з урахуванням контурних вузлів.

Моделювання дискретних каркасів поверхонь можна проводити одновимірними лінійними шаблонами при виконанні деяких умов. Це може бути продовженням даного дослідження.

Список використаних джерел

1. Ковалёв С.Н. Формирование дискретных моделей поверхностей пространственных архитектурных конструкций. дис. … доктора техн. наук. 05.01.01. - М.: МАИ, 1986. – 348 с.
2. Ковтун О.В. Конструювання дискретных точкових каркасів квазіканалових поверхонь за наперед заданими умовами: дис. ... канд. техн. наук. 05.01.01. - К.: КНУБА, 2003. - 160 с.
3. Пустюльга С.І. Дискретне визначення геометричних об’єктів числовими послідовностями: дис. ... доктора техн. наук: 05.01.01. - К.: КНУБА, 2006. - 320 с.
4. Самостян В.Р. Вплив геометричних вимог на процеси дискретного моделювання криволінійних об’єктів будівництва: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка». - К.: КНУБА, 2010. - 20 с.
5. Самчук В.П. Дискретне моделювання хвилястих поверхонь покриття: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01. - К.: КНУБА, 2012. - 206 с.
6. Ботвіновська, С.І. Теоретичні основи формоутворення в дискретному моделюванні об’єктів архітектури та дизайну. дис. … доктора техн. наук. 05.01.01. - К..: КНУБА, 2018. – 527 с.
7. Ботвіновська С.І., Ковальов С.М., Золотова А.В., Лось С.О. Формування дискретного ряду точок складених кривих ліній під дією нормального навантаження. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2017. № 3(62). Т.2. 352 с. - С. 278–284.

8. Анпілогова В.О., Мостовенко О.В. Дискретна модель ланцюгової лінії. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*: зб. наук. праць. - К.: КНУБА, 2014. Вип. 92. - С. 10–14.

9. Найдиш В.М. Про гладкість дискретної інтерполяції. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*: зб. наук. праць. - К.: КНУБА, 2003. Вип. 73. - С. 8–12.

10. Ковальов С.М., Гумен М. С., Пустюльга С.І., Михайленко В.Є., Бурчак І.Н. Прикладна геометрія та інженерна графіка. Спеціальні розділи. Випуск 1. - Київ-Луцьк: ЛДТУ, 2006. - 256 с.

11. Бадаєв С.Ю. Криволінійний обвод за заданим законом кривини на основі колового сплайну. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*: зб. наук. праць. К.: КНУБА, 2002. Вип. 71. - С. 172–177.

12. Ботвіновська С.І. Дискретне моделювання обрисів магістральних перехрещень за керуючими чинниками параметрів натуральних рівнянь. автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка». К.: КНУБА, 2003. - 23 с.

13. Садретдинова Р.М. Деякі обчислювальні шаблони для дискретної сітки тріангуляції. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*: зб. наук. праць. К.: КІБІ, 1994. Вип. 56. - С. 112–114.

д.т.н., доцент Ботвиновская С.И.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕДИНОГО АНАЛОГА ДИСКРЕТНОЙ ГЛАДКОЙ ПЛОСКОЙ КРИВОЙ ЛИНИИ

В работе предлагается методика моделирования дискретного аналога единой гладкой плоской кривой линии с помощью статико-геометрического метода профессора Ковалева С.Н. Поскольку задачи интерполяции занимают достаточно важное место среди других задач моделирования, возникает необходимость в проведении исследований по вопросу влияния заданных исходных данных на форму моделируемой кривой линии или поверхности.

Ключевые слова: дискретный аналог, единая гладкая плоская кривая линия, моделирование каркаса, дискретный каркас, заданные внутренние узлы дискретной сетки.

Doctor of technical sciences, Associate Professor Botvinovska S.
Kiev National University of Construction and Architecture

MODELLING OF THE UNIFORM ANALOGUE DISCRETE SMOOTH FLAT LINE CURVE

In this work the technique of modeling of a discrete analog of a uniform smooth flat curve by means of a static-geometrical method of professor Kovalov S.N. is presented.

As problems of interpolation take rather important place among other problems of modeling, there is a need for carrying out researches on an issue of influence of the set basic data on a form of the modelled curve or a surface.

In-depth theoretical studies of properties of the modelled objects, features of a task of their free parameters are necessary for the solution of objectives. For creation of discrete frameworks of curve in this work it is offered to use the generalized static-geometric method. It the method as one of methods of discrete geometrical model operation, is actively used for planning architectural and design of objects in cases, when by the nature it is impossible to get educations of a surface its analytical equation. By means of a static-geometric method it is possible to model discrete frameworks of surfaces in the form of grids with the any step.

The described principle of creation of discrete analogs of curves offered in this work in the course of the further researches can be transferred to problems of modeling of discrete frameworks of surfaces. However it is necessary to consider that in that case the number of internal knots cannot be set randomly. It is connected with the fact that by drawing up a system of the equations of balance the number of the additional equations for interpolation of the external efforts made for knots will depend on dimension of identical templates with which it is necessary to cover all knots of a grid, taking into account boundary. Modeling of discrete frameworks of surfaces can be carried out by one-dimensional linear templates at observance of some conditions. Such tasks can be continuation of this research.

Keywords: discrete analog, uniform smooth flat curve, modeling of a framework, discrete framework, the set internal knots of discrete network.

REFERENCES

1. Kovalëv S.N. Formyrovanye dyskretnыkh modelei poverkhnostei prostranstvennыkh arkhytekturnыkh konstruktsyi. dys. …doktora tekhn. nauk. 05.01.01. - M.: MAY, 1986. - 348s.
2. Kovtun O.V. Konstruiuvannia dyskretnыkh tochkovykh karkasiv kvazikanalovykh poverkhon za napered zadanymy umovamy: dys. ...kand. tekhn. nauk. 05.01.01. - Kyiv: KNUBA, 2003. - 160 s.
3. Pustiulha S.I. Dyskretne vyznachennia heometrychnykh obiektiv chyslovymy poslidovnostiamy: dys. ... doktora tekhn. nauk: 05.01.01. - Kyiv: KNUBA, 2006. 320 s.
4. Samostian V.R. Vplyv heometrychnykh vymoh na protsesy dyskretnoho modeliuvannia kryvoliniinykh obiektiv budivnytstva: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk: 05.01.01 «Prykladna heometriia, inzhenerna hrafika». - Kyiv: KNUBA, 2010. - 20 s.

5. Samchuk V.P. Dyskretne modeliuvannia khvyliastykh poverkhon pokryttia: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.01.01. - Kyiv: KNUBA, 2012. - 206 s.

6. Botvinovska, S.I. Teoretychni osnovy formoutvorennia v dyskretnomu modeliuvanni obiektiv arkhitektury ta dyzainu. dys. …doktora tekhn. nauk. 05.01.01. - Kyiv.: KNUBA, 2018. – 527 s.

7. Botvinovska S.I., Kovalov S.M., Zolotova A.V., Los S.O. Formuvannia dyskretnoho riadu tochok skladenykh kryvykh linii pid diieiu normalnoho navantazhennia. Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. 2017. № 3(62). T.2. 352 s. - S. 278–284.

8. Anpilohova V.O., Mostovenko O.V. Dyskretna model lantsiuhovoi linii. Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika: zb. nauk. prats. - Kyiv: KNUBA, 2014. Vyp. 92. - S. 10–14.

9. Naidysh V.M. Pro hladkist dyskretnoi interpoliatsii. Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika: zb. nauk. prats. - Kyiv: KNUBA, 2003. Vyp. 73. - S. 8–12.

10. Kovalov S.M., Humen M. S., Pustiulha S.I., Mykhailenko V.Ie., Burchak I.N. Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika. Spetsialni rozdily. Vypusk 1.Kyiv - Lutsk: LDTU, 2006. - 256 s.

11. Badaiev S.Iu. Kryvoliniinyi obvod za zadanym zakonom kryvyny na osnovi kolovoho splainu. Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika: zb. nauk. prats. Kyiv: KNUBA, 2002. Vyp. 71. S. 172–177.

12. Botvinovska S.I. Dyskretne modeliuvannia obrysiv mahistralnykh perekhreshchen za keruiuchymy chynnykamy parametriv naturalnykh rivnian. avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk: 05.01.01 «Prykladna heometriia, inzhenerna hrafika». Kyiv: KNUBA, 2003. 23 s.

13. Sadretdynova R.M. Deiaki obchysliuvalni shablony dlia dyskretnoi sitky trianhuliatsii. Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika: zb. nauk. prats. Kyiv: KIBI, 1994. Vyp. 56. S. 112–114.