

УДК 514.18

СИСТЕМА ПОЛІТОЧКОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ГРУПИ ОБ'ЄКТІВ В ОДНОМУ БАЗИСІ

Сидоренко Ю.В., к.т.н.,

suliko3@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1953-0410

Шалденко О.В., к.т.н.,

o.shaldenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6730-965X

Онисько А.І., к.в.н.

kw_fedun@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7178-1471

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ,
Україна)

У статті подається описання системи політочкових перетворень декількох об'єктів всередині одного базису. Ця система дозволяє наочно спостерігати зміни форми об'єктів при процесах деформації шляхом зміни форми базису. Перетворення базису проводиться шляхом переміщення заданих точок. Перетворення фігур функціонально залежать від зміни базису. Дослідження проводились з фігурами полігонального типу. Отримані результати дають змогу зробити висновки щодо доцільності використання політочкових перетворень для полікоординатного відображення групи об'єктів, об'єднаних одним базисом.

У сучасному світі, мабуть, немає сфер, де не застосовується комп'ютерна графіка, від будівництва і важкої промисловості, до медицини, освітньої галузі, реклами та мультиплікації. Одним з напрямків діяльності людини, який дуже стрімко розвивається, є створення комп'ютерних ігор. Нові часи вимагають розвитку нових технологій, які повинні відповідати сучасним вимогам. При створенні комп'ютерних ігор багато часу займає створення гравців, яких може бути багато на одному екрані, а при деяких сценах ці об'єкти повинні бути схожими один на одного, але відрізнятись деякими деталями. Вимальовувати кожний такий об'єкт не тільки складно, але й нудно. До того ж цей процес займає багато часу. І тому є сенс якось автоматизувати створення таких майже схожих гравців в одній сцені. Таку змогу надає спосіб політочкових перетворень геометричних об'єктів.

Інколи ці об'єкти повинні мати схожі доповнення. Наприклад, не просто лицар, а лицар з мечем, та ще й з конем, або не просто людина, а люди з дітьми, або з тваринами. В такому випадку потрібно розглянути апарат політочкових перетворень по відношенню до декількох об'єктів, які занурюються в один простір. У цій статті розглядається саме такий спосіб політочкових перетворень, коли всередині політочкової області містяться декілька різних фігур, а перетворення відбуваються за одним законом для всіх об'єктів.

Метою досліджень є удосконалення способу генерації геометричних об'єктів за допомогою політочкових перетворень групи об'єктів, що дасть можливість зекономити ресурси та зменшити час на відтворення фігур після деформаційних змін. У статті пропонується використання створеної комп'ютерної системи для наочного відстеження процесу змін в режимі реального часу.

Ключові слова: деформаційне моделювання, політочкові перетворення, полікоординатні відображення, базис перетворення, об'єкт перетворення.

Постановка проблеми. У попередніх статтях було приведено спосіб перетворення геометричного тіла, зануреного в базис політканинних перетворень, вивчені властивості об'єкта та способи з'єднання отриманих точок після процесу деформації. Але на сьогодні немає способів перетворення групи об'єктів одночасно, за задалегідь заданим законом. Для цього потрібно вдосконалити математичний апарат політочкових перетворень, щоб мати змогу проводити деформацію декількох об'єктів в одному базисі.

Для зручності проведення досліджень було б добре мати можливість покрокового відстеження результатів генерації цих об'єктів. За допомогою системи можна перевірити достовірність досліджень та переконатись в їх ефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] пояснюється поняття політочкових перетворень, наведено математичний апарат, алгоритм та способи реалізації за допомогою яких можна отримати координати точок об'єкта після перетворення. У роботах [2-4] наведено приклади застосування способу політочкових перетворень, наприклад, при конструюванні у приміщеннях будівель вентиляційних систем з різними видами перерізів [2], у пластичній хірургії [3] при моделюванні форми носа пацієнта, при обчисленні площі ландшафту [4] та таке інше. Узагальнення підходів до отримання точок об'єкта при полікоординатних відображеннях описано в роботі [5]. Пропонується при відображеннях відрізків у моделюванні складних об'єктів, в якості прообразу використовувати не прямі в неявному вигляді, а множини точок, щоб отримати деформований об'єкт у вигляді нової множини точок. У роботі [6] розглядаються способи загушення точок, тобто, інтерполяції отриманих даних у результаті перетворення об'єкта. Робота [7] присвячена підвищенню точності алгоритму політочкових перетворень.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є удосконалення способу генерації деформованих геометричних об'єктів за допомогою політочкових перетворень, та створення відповідної комп'ютерної системи покрокового відстеження полікоординатних відображень.

Основна частина. З розвитком комп'ютерної техніки система моделювання процесів деформації ґрунтується, як правило, на пакетах прикладних програм, за допомогою яких можна проводити аналіз

деформаційних змін та наочно відслідковувати отримані результати. Іноді в практиці розробників комп'ютерних ігор, або анімації, виникає необхідність проводити певні маніпуляції з великою кількістю гравців. Наприклад, при моделюванні батальних сцен, або при відображенні певних груп об'єктів, квазііднородних за формою, як то зграя вовків, або армада човнів чи танків, необхідно створити велику кількість схожих об'єктів. При розв'язанні цієї задачі виникали великі проблеми з часом виконання цього завдання і кількістю задіяних ресурсів, зокрема, людських. За допомогою залучення до цього процесу системи полікоординатних відображень можна суттєво зекономити і час, і гроші, і зменшити навантаження на спеціалістів.

В основу комп'ютерної системи було покладено апарат політочкових перетворень, суть якого полягає у тому, що зміна форми об'єкта перетворень функціонально залежить від перетворення простору, у який він занурений. Простір утворюється точками базису, і користувач має змогу цими точками маніпулювати. При цьому на екрані буде відображатись як саме змінився об'єкт при різних положеннях точок базису. Політочкові перетворення прямої продемонстровано на рисунку 1.

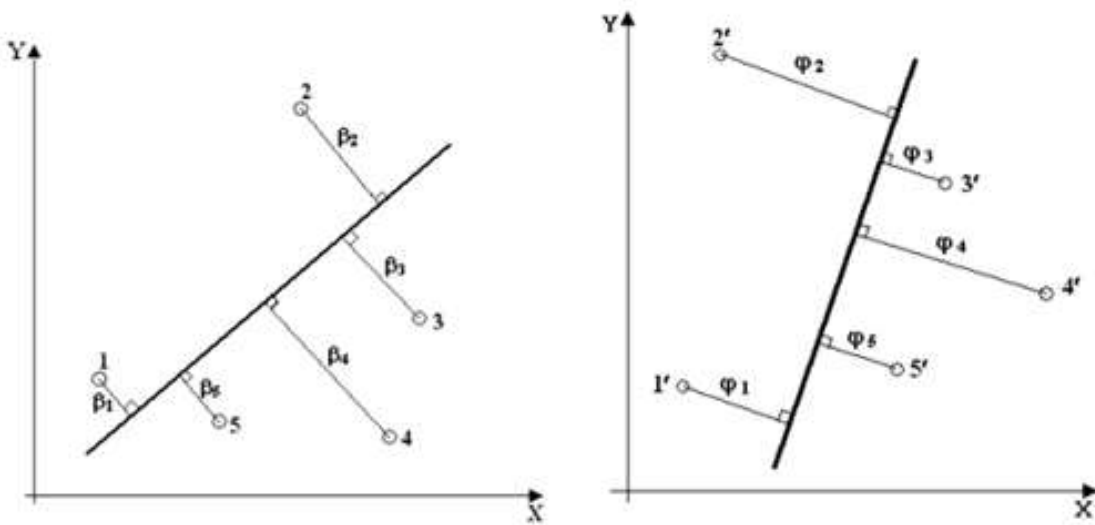


Рис. 1. Політочкові перетворення прямої

Перетворення можна описати формулою:

$$\varphi_i = \omega_i \beta_i,$$

де β_i та φ_i - політочкові координати заданої та перетвореної прямої.

Розв'язання задачі зводиться до розв'язання системи лінійних рівнянь, яка в свою чергу вирішує оптимізаційну задачу.

Система має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 & A \sum_{i=1}^p \frac{(X_i X_i)}{\beta_i^2} + B \sum_{i=1}^p \frac{(X_i Y_i)}{\beta_i^2} + C \sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\beta_i^2} - \sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\beta_i} = 0 \\
 & A \sum_{i=1}^p \frac{(Y_i X_i)}{\beta_i^2} + B \sum_{i=1}^p \frac{(Y_i Y_i)}{\beta_i^2} + C \sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\beta_i^2} - \sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\beta_i} = 0 \\
 & A \sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\beta_i^2} + B \sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\beta_i^2} + C \sum_{i=1}^p \frac{1}{\beta_i^2} - \sum_{i=1}^p \frac{1}{\beta_i} = 0
 \end{aligned}$$

Об'єкти перетворень представляються як набір прямих з отриманими з системи коефіцієнтами А, В, С, за допомогою яких можна відобразити фігуру.

Питання представлення фігур за допомогою прямих виноситься за рамки цього дослідження.

При реалізації перетворень декількох фігур в одному полі виникла проблема розрізнення (ідентифікації) точок, які належать кожному об'єкту. Для вирішення цієї проблеми було запропоновано ввести вектори, у які будуть заноситись точки конкретної фігури, і потім ці дані (точки) будуть інтерполюватись для відображення перетворених тіл, кожного окремо.

На основі політочкових перетворень було розроблено комп'ютерну програму, де на виході отримувався об'єкт після деформаційних змін. Один об'єкт на вході, і один об'єкт на виході. А для розв'язання поставленої задачі потрібно занурити в базис як мінімум два об'єкти.

Система політочкових перетворень групи об'єктів складається з декількох підсистем. На рисунку 2 зображено функціональну схему підсистеми генерації тестових прикладів нелінійних перетворень геометричних об'єктів.

Підсистема складається з графічного модулю, з модулю розрахунку та візуалізації результатів.

Обробка вхідних даних проводиться у розрахунковому модулі. Дані поступають у цей модуль і передаються у функцію політочкових перетворень. У модулі візуалізації проходить процес побудови фігур за отриманими даними після перетворень.

Точки різних об'єктів зберігаються в різних списках і потім віддаються на графічний модуль, де виконується взаємодія з функціоналом програми. Внесені дані обробляються для отримання результату.

За допомогою модуля візуалізації відображаються всі результати роботи підсистеми.

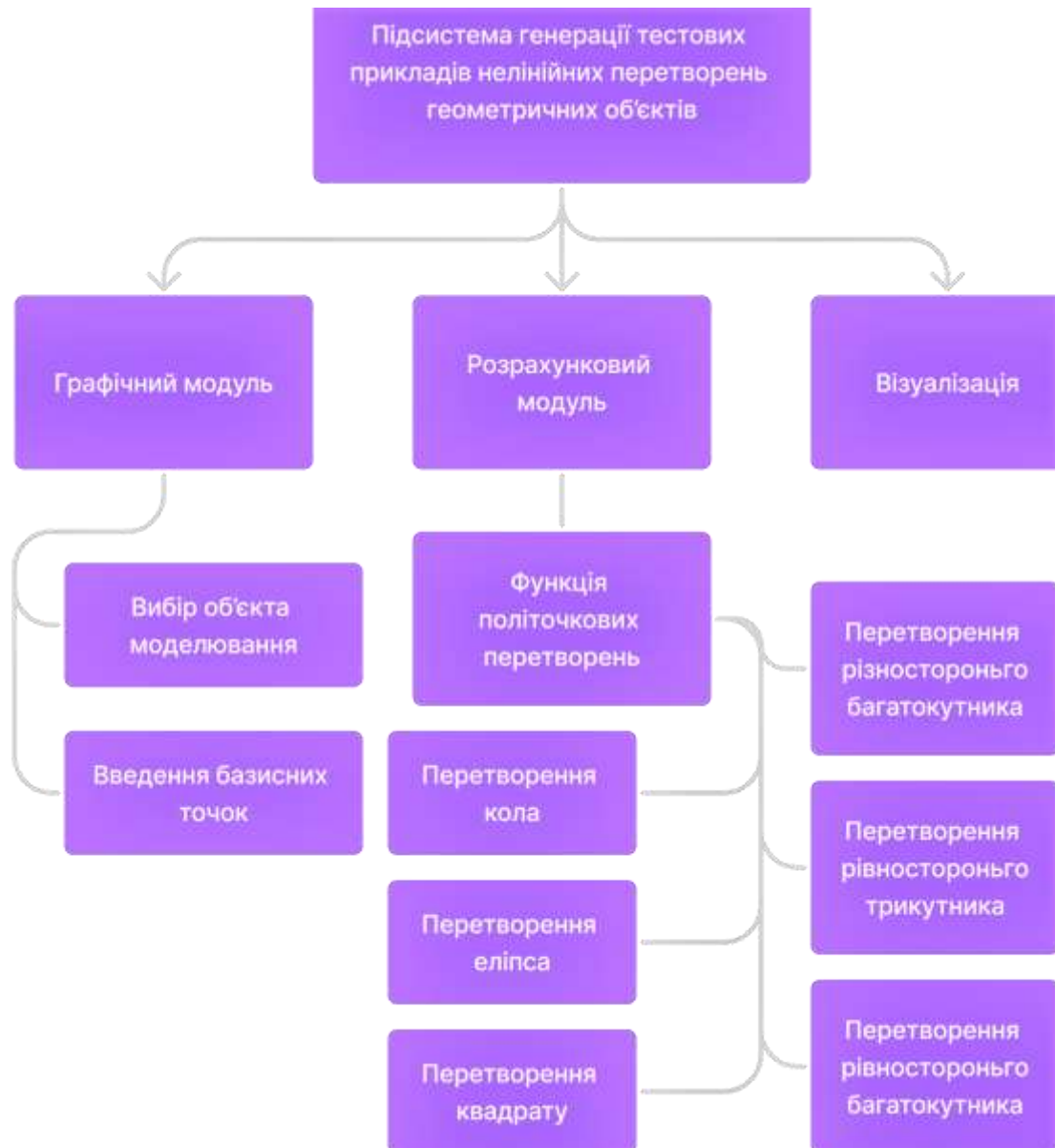


Рис. 2. Підсистема генерації тестових прикладів нелінійних перетворень геометричних об'єктів

Після завантаження системи користувачу надається можливість обрати об'єкт, або групу об'єктів. Для введення правильного багатокутника потрібно ще обрати кількість кутів, що його утворюють.

Після того, як об'єкти обрано, користувач оточує ці об'єкти точками, що буде початковим базисом. Після натискання на кнопку «Змінити базис» користувач може маніпулювати точками початкового базису для його зміни.

При політочкових перетвореннях зміна базису призводить до зміни форми об'єкта, що функціонально залежить від того, яким чином було змінено базис.

По закінченні цього процесу на екрані буде відображено об'єкт після політочкових перетворень. Причому, процес буде відобразатись

покроково для відстеження результатів перетворення в реальному часі для зручності користувача.

Результати покрокового перетворення трикутника і п'ятикутника наведено на рис. 3.

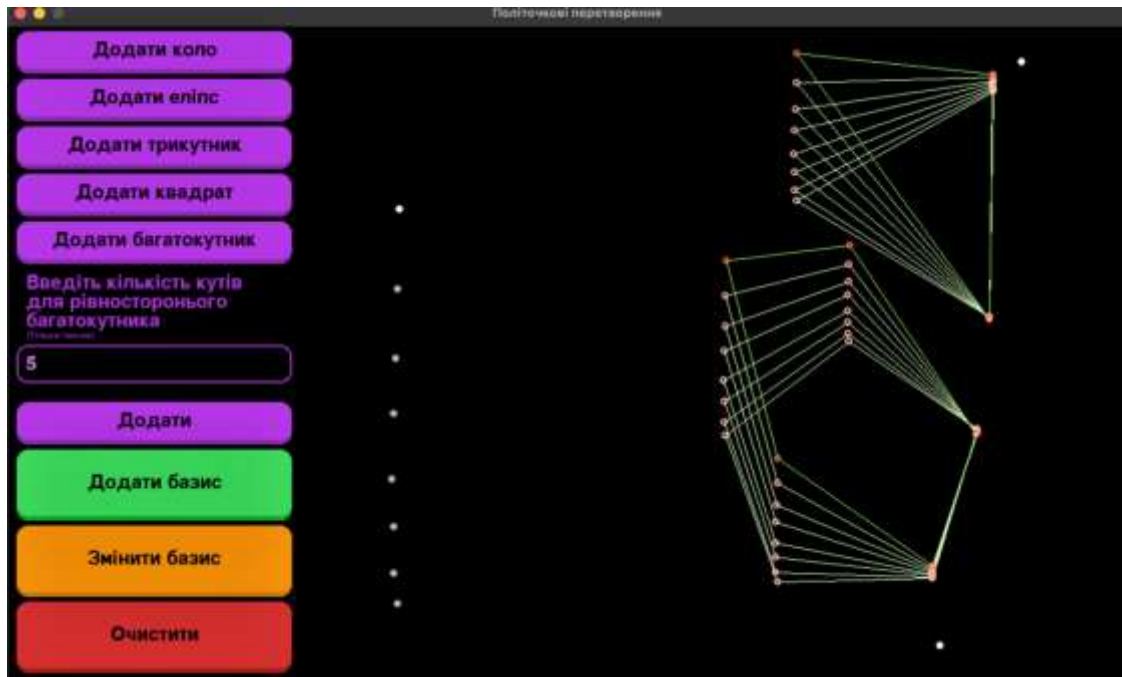


Рис. 3. Приклад деформації декількох геометричних об'єктів

Як видно з рисунку, кількість переміщень точок базису впливає на кількість нових об'єктів. А напрями змін положення точок впливатиме на деформацію об'єктів.

Збільшити варіативність змін можна за допомогою введення алгоритму вагових політочкових перетворень, наприклад, застосовуючи вплив відстані від точки об'єкта до точки базису. У цьому випадку вплив зміни точки базису буде сильнішим там, де відстань менша, і навпаки, якщо точка дуже віддалена від конкретної точки базису, то зміна її положення буде мінімальною, тобто зміна точки майже не впливатиме на дану точку об'єкта.

Висновки. Було представлено систему деформаційного моделювання декількох об'єктів всередині одного базису, яка ґрунтується на математичному апараті політочкових перетворень. Проведено аналіз отриманих результатів, зроблено висновки щодо подальших досліджень в напрямку збільшення варіативності функціоналу системи.

Література

1. Сидоренко Ю.В. Система моделювання геометричних об'єктів за допомогою політочкових перетворень. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ, 2016. Вип.92. С.118-125.
2. Sidorenko Yu, Kryvda O., Leshchynska I. System of modeling of structural

- elements of ventilation systems by polycordinate transformations. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 2020. No. 104. P. 221-228
3. Сидоренко Ю.В., Шалденко О.В. Вагові політочкові перетворення при моделюванні можливих результатів пластичної хірургії. *Сучасні проблеми моделювання*. Мелітополь, 2019. Вип.15. С. 151-161.
 4. Сидоренко Ю.В., Залевська О.В., Шалденко О. В. Обчислення площі перетвореного об'єкта при політочкових перетвореннях. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ, 2022. Вип. 102. С.65-75.
 5. Сидоренко Ю.В., Бадаєв Ю.І. Геометричне моделювання складних об'єктів на основі політочкових відображень відрізків прямих. *Сучасні проблеми моделювання*. Мелітополь, 2019. Вип.16. С.17-24.
 6. O. Zalevska et al., "Construction and study of the mathematical model for the system using three-dimensional cellular automata," 2021 IEEE 16th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), 2021, pp. 49-52.
 7. Сидоренко Ю.В., Залевська О.В. Підвищення точності алгоритму політочкових перетворень. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. Київ, 2020. Вип.97. С.129-135.

SYSTEM OF POLYPOINT TRANSFORMATIONS OF A GROUP OF OBJECTS IN ONE BASIS

Iuliia Sydorenko, Oleksii Shaldenko, Andrii Onysko

The article describes the system of polypoint transformations of several objects within one basis. This system allows you to visually observe changes in the shape of objects during deformation processes by changing the shape of the base. The transformation of the basis is carried out by moving the given points. Shape transformations are functionally dependent on the base change. Research was conducted with polygonal shapes. The obtained results make it possible to draw conclusions about the expediency of using polypoint transformations for polycordinate mapping of a group of objects united by one basis.

In the modern world, there are probably no areas where computer graphics are not used, from construction and heavy industry to medicine, education, advertising and animation. One of the areas of human activity that is developing very rapidly is the creation of computer games. New times require the development of new technologies that must meet modern requirements. When creating computer games, it takes a lot of time to create players, which can be many on the same screen, and for some scenes, these objects must be similar to each other, but differ in some details. Drawing each such object is not only difficult, but also boring. In addition, this process takes a lot of time. And that's why it makes sense to somehow automate the creation of such almost similar players in one scene. This possibility is provided by the method of polypoint transformations of geometric objects.

Sometimes these objects should have similar additions. For example, not just a knight, but a knight with a sword, and also with a horse, or not just a person, but people with children, or with animals. In this case, it is necessary to consider the apparatus of polypoint transformations in relation to several objects that are immersed in one space. This article considers exactly this method of polypoint transformations, when several different shapes are contained inside the polypoint region, and the transformations take place according to the same law for all objects.

The goal of the research is to improve the method of generating geometric objects using polypoint transformations of a group of objects, which will make it possible to save resources and reduce the time it takes to reproduce shapes after deformation changes. The article proposes the use of the created computer system for visual tracking of the change process in real time.

Keywords: deformation modeling, polypoint transformations, polycoordinate mappings, transformation basis, transformation object.

References

1. Sydorenko Yu.V. (2016) A system for modeling geometric objects using polypoint transformations. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*. 92.118-125. [in Ukrainian].
2. Sidorenko Yu, Kryvda O., Leshchynska I. System of modeling of structural elements of ventilation systems by polycoordinate transformations. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 2020. No. 104. P. 221-228.
3. Sydorenko Yu.V., Shaldenko O.V. (2019) Weighted polypoint transformations in modeling possible outcomes of plastic surgery. *Suchasni problemy modeliuвання*. 15. 151-161. [in Ukrainian].
4. Sydorenko Yu.V., Zalevska O.V., Shaldenko O. V. (2022) Calculation of the area of the transformed object during polypoint transformations. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*. 102. 65-75 [in Ukrainian].
5. Sydorenko Yu.V., Badaiev Yu.I. (2019) Geometric modeling of complex objects based on the fields of point reflections of line segments. *Suchasni problemy modeliuвання*.16. 17-24. [in Ukrainian].
6. O. Zalevska et al., Sonstruction and study of the mathematical model for the system using three-dimensional cellular automata. 2021 IEEE 16th international conference on the experience of designing and application of cad systems (Cadsm), 2021, pp. 49-52.
7. Sydorenko Yu.V., Zalevska O.V. (2020) Increasing the accuracy of the polypoint transformation algorithm. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*. 97. 129-135. [in Ukrainian].