

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АТОМНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ

“На правах рукопису”
УДК _____

“До захисту допущено”
Завідувач кафедри ЦТЕ
Наталія АУШЕВА
“ _____ ” _____ 2023р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

“Цифрові технології в енергетиці”

зі спеціальності 122 “Комп’ютерні науки”

на тему: «Візуалізація динаміки нелінійного перетворення групи об’єктів»

Виконав: студент 2 курсу, групи ТР-23мп

Красін Владислав Костянтинович

(прізвище, ім’я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник: доцент каф. Цифрових технологій
в енергетиці, доцент, к.т.н., Сидоренко Юлія Всеволодівна

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім’я та по батькові)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ім’я та по батькові)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АТОМНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальності 122 Комп'ютерні науки

За освітньою програмою “Цифрові технології в енергетиці”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЦТЕ

Наталія АУШЕВА

(підпис)

“ ” _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на магістерську дисертацію студенту

Красіну Владиславу Костянтиновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Візуалізація динаміки нелінійних перетворень групи об'єктів

Науковий керівник **Сидоренко Юлія Всеволодівна, доцент, к.т.н.**

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом по університету від “06” листопада 2023 року №5152-с

2. Строк подання студентом дисертації 18 грудня 2023р

3. Вихідні дані до роботи: мова програмування Python, середа розробки PyCharm

4. Перелік питань, які потрібно розробити: аналіз методів візуалізації деформацій тривимірних об'єктів, проектування алгоритму для полікоординатних перетворень, створення користувацького інтерфейсу програми, вибір програмних бібліотек для імплементації алгоритму, реалізація та тестування програмного забезпечення, оцінка ефективності системи для кінцевого користувача

5. Орієнтований перелік ілюстративного матеріалу: постановка завдання, математичний апарат програми, функціональна схема реалізації системи, результати роботи програми

6. Орієнтований перелік публікацій: “Підсистема динаміки нелінійного перетворення групи об'єктів. Сталий розвиток — XXI століття. Дискусії 2023: колективна монографія / Національний університет Києво-Могилянська академія”.

7. Консультанти розділів дисертації _____

8. Дата видачі завдання “ 24 “ жовтня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Реалізація методу політочкових перетворень	01.09 – 08.09.2023	
2	Проектування архітектури програмних модулів	09.09 – 16.09.2023	
3	Розробка та реалізація розрахункового модуля	17.09 – 30.10.2023	
4	Створення графічного інтерфейсу користувача	01.10 – 08.10.2023	
5	Документація результатів дослідження	09.10 – 16.10.2023	
6	Внутрішнє тестування системи	17.10 – 22.10.2023	
7	Захист програмного продукту	23.10.2023	
8	Оформлення магістерської дисертації	24.10 – 03.12.2023	
9	Предзахист	04.12.2023	
10	Захист	8.01.24	

Студент

(підпис)

Владислав КРАСІН

(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Науковий керівник

(підпис)

Юлія СИДОРЕНКО

(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи. Магістерська дисертація складається зі вступу, восьми розділів, висновку, переліку посилань з 28 найменувань, 1 додатку і містить 14 рисунків, 9 таблиць. Повний обсяг магістерської дисертації складає 89 сторінок, з яких перелік посилань займає 3 сторінки, додатки – 6 сторінок.

Актуальність теми. Комп'ютерна графіка є однією з найважливіших технологій сучасного світу. Вона використовується в таких сферах, як кіно, телебачення, 3D-друк, медицина, інженерія тощо.

Геометричне моделювання є одним із напрямків комп'ютерної графіки, що дозволяє створювати цифрові моделі геометричних об'єктів. Для цього використовують різні математичні способи і методи.

Метою дослідження є створення програмної системи, яка дозволить візуалізувати динаміку нелінійних перетворень групи об'єктів.

Відповідно до поставленої мети були сформовані наступні **завдання дослідження:**

- проаналізувати існуючі програмні рішення;
- обрати методи та засоби програмної реалізації;
- розробити математичний апарат системи;
- створити структуру системи;
- розробити програмний продукт візуалізації динаміки нелінійних перетворень групи об'єктів;

Об'єктом дослідження є комп'ютерна система деформаційного моделювання.

Предметом дослідження є система деформаційного моделювання за допомогою полікоординатних перетворень.

Методи дослідження. Розв'язання поставлених задач виконувались з використанням наступних методів:

- метод політочкових перетворень;

метод модульного програмування для розробки системи, що складається з різних, самостійних модулів .

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає у використанні додатку графічного моделювання у майбутньому для навчальних цілей.

Апробація результатів роботи. Результати роботи було оприлюднено на конференції, тези опубліковано:

Сидоренко Ю.В., Красін В.К. Підсистема динаміки нелінійного перетворення групи об'єктів. Сталий розвиток — XXI століття. Дискусії 2023: колективна монографія / Національний університет “Києво-Могилянська академія” / за ред. проф. Хлобистова Є.В. — Київ, 2023. — 304 с. — Електронне видання. С...

Ключові слова. *ДЕФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ПОЛІКООРДИНАТНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, КОЛО, БАГАТОКУТНИК, НЕЛІНІЙНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ.*

ABSTRACT

Structure and extent of the work. The master's thesis consists of an introduction, eight chapters, a conclusion, a list of references from 28 names, 1 appendix and contains 14 figures, 9 tables. The full volume of the master's thesis is 89 pages, of which the list of references occupies 3 pages, appendices - 6 pages.

Relevance of the topic. Computer graphics is one of the most important technologies in the modern world. It is used in such fields as film, television, 3D printing, medicine, engineering, etc.

Geometric modeling is one of the areas of computer graphics that allows you to create digital models of geometric objects. For this, various mathematical methods and methods are used.

The goal of the research is the creation of a software system that will allow visualization of the dynamics of nonlinear transformations of a group of objects.

In accordance with the set goal, the following research tasks were formed:

- analyze existing software solutions;
- choose methods and means of program implementation;
- to develop the mathematical apparatus of the system;
- create a system structure;
- to develop a software product for visualization of the dynamics of nonlinear transformations of a group of objects;

The object of the study there is a computer system of deformation modeling.

The subject of the study is a system of deformation modeling using polycoordinate transformations.

Research methods The tasks were solved using the following methods:

- method of polypoint transformations;
- modular programming method for developing a system consisting of different, independent modules;

The practical significance work is to use the graphical simulation application in the future for educational purposes.

Approbation of work results. The results of the work were announced at the conference, theses were published:

Sydorenko Yu.V., Krasin V.K. Subsystem of the dynamics of nonlinear transformation of a group of objects. Sustainable development — XXI century. Discussions 2023: collective monograph / National University "Kyiv-Mohyla Academy" / edited by Prof. Khlobistova E.V. — Kyiv, 2023. — 304 p. — Electronic edition. WITH...

Keywords: *DEFORMATION MODELING, POLYCOORDINATE TRANSFORMATION, SOFTWARE, CIRCLE, POLYGON, NONLINEAR TRANSFORMATION.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ЗАДАЧА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДИНАМІКИ НЕЛІНІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ГРУПИ ОБ'ЄКТІВ.....	11
2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	15
2.1 Наявні методи деформаційного моделювання	15
2.2 Метод політочкових перетворень	21
4 ОПИС СИСТЕМИ НЕЛІНІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ГРУПИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	32
5 ОПИС ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ ДОДАТКУ	36
5.1 Інтерфейс програми	37
5.2 Графічний модуль	38
5.3 Модуль перетворень	40
5.4 Загальний вигляд роботи програми	42
5.5 Діаграма прецедентів	46
6 ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ НЕЛІНІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ГРУПИ ОБ'ЄКТІВ.....	48
6.1 Мова програмування додатку.....	49
6.2 Середовище реалізації додатку	52
7 РОБОТА КОРИСТУВАЧА З ПРОГРАМНОЮ СИСТЕМОЮ НЕЛІНІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ	54
8 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80
ДОДАТКИ.....	83
Додаток А. Тези на науково-практичну конференцію.....	83

ВСТУП

Комп'ютерна графіка є однією з найважливіших технологій сучасного світу. Вона використовується в таких сферах, як кіно, телебачення, 3D-друк, медицина, інженерія тощо.

Геометричне моделювання є одним із напрямків комп'ютерної графіки, що дозволяє створювати цифрові моделі геометричних об'єктів. Для цього використовують різні математичні способи і методи.

Методи деформаційного моделювання дозволяють змінювати форму геометричних об'єктів. Це може бути корисно для створення реалістичних зображень, імітації фізичних процесів, тощо.

Останнім часом спостерігається швидкий розвиток деформаційного моделювання. Це пов'язано з декількома факторами, зокрема:

- зростання доступності високопродуктивних комп'ютерів;
- розвиток нових математичних методів;
- потреби користувачів у більш реалістичному ігровому контенті, візуалізації наукових даних тощо.

Розробники деформаційного програмного забезпечення постійно працюють над створенням нових і вдосконалених методів. Вони прагнуть зробити програмне забезпечення більш зручним у використанні, передбачуваним, а також забезпечити детальне відстеження необхідних процесів.

Деформація геометричних об'єктів є потужним інструментом для моделювання зовнішнього вигляду об'єктів. Це дозволяє змінювати форму об'єкта без необхідності маніпулювати основною геометрією. Це особливо корисно для створення органічних форм.

Існує два основних типи геометричної деформації: фізична деформація та математична деформація. Фізична деформація базується на законах фізики, і її часто використовують для імітації впливу сил на об'єкти. З іншого боку, математична

деформація використовує математичні перетворення для зміни форми об'єкта. Це можна зробити шляхом переміщення контрольних точок фрагмента або застосування глобальної трансформації до простору об'єкта.

Геометрична деформація часто використовується в програмному забезпеченні інтерактивного моделювання. Це дозволяє користувачам деформувати об'єкти в реальному часі, що може бути дуже корисним для створення складних форм. Застосування геометричної деформації різноманітні, вони включають моделювання поширення лісових пожеж, проектування комп'ютерних ігор і створення скульптур.

Необхідна практична реалізація, яка дозволить користувачеві наочно побачити, як працюють різні методи деформації, пов'язано це з недостатньою кількістю теоретичних матеріалів.

На сьогоднішній день додатків, які демонструють конкретне деформаційне моделювання не існує або вони є недоступними. Це призвело до появи ідеї розробити програмний продукт, який би задовольняв вимоги користувачів у дослідженні даної теми.

Програмний продукт був розроблений у межах навчального проекту магістерської програми, який демонструє візуалізацію динаміки нелінійного перетворення групи об'єктів.

1 ЗАДАЧА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДИНАМІКИ НЕЛІНІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ГРУПИ ОБ'ЄКТІВ

Нелінійне перетворення групи об'єктів - це операція, яка змінює положення, розмір або форму групи об'єктів без зміни їх кількості або порядку. Нелінійні перетворення часто використовуються в комп'ютерній графіці для створення ефектів, таких як перспектива, масштабування та поворот.

Існує багато різних типів нелінійних перетворень.

Перспективне перетворення - це перетворення, яке змінює перспективу групи об'єктів. Перспективне перетворення часто використовується для створення відчуття глибини в комп'ютерній графіці.

Масштабування - це перетворення, яке змінює розмір групи об'єктів. Масштабування часто використовується для створення ефектів, таких як збільшення або зменшення об'єктів.

Поворот - це перетворення, яке змінює кут повороту групи об'єктів. Поворот часто використовується для створення ефектів, таких як обертання об'єктів.

Деформація - це перетворення, яке змінює форму групи об'єктів. Деформація часто використовується для створення ефектів, таких як спотворені об'єкти або об'єкти з гнучкими формами[3].

Нелінійні перетворення широко використовуються в комп'ютерній графіці для створення різних ефектів.

Реалістичні зображення - нелінійні перетворення часто використовуються для створення реалістичних зображень. Наприклад, перспективне перетворення використовується для створення відчуття глибини в зображеннях, а масштабування використовується для створення ефектів, таких як збільшення або зменшення об'єктів.

Ефекти руху - нелінійні перетворення часто використовуються для створення ефектів руху. Наприклад, поворот використовується для створення ефекту обертання об'єктів, а деформація використовується для створення ефекту спотворених об'єктів.

Анімація - нелінійні перетворення часто використовуються для створення анімації. Наприклад, перспективне перетворення використовується для створення ефекту руху в глибині, а масштабування використовується для створення ефекту збільшення або зменшення об'єктів у часі.

Нелінійні перетворення в машинному навчанні

Нелінійні перетворення також використовуються в машинному навчанні для створення моделей, які можуть генерувати реалістичні зображення, розпізнавати об'єкти та створювати нові творчі змісти. Наприклад, нелінійні перетворення використовуються в нейронних мережах для створення зображень, які відповідають заданим умовам.

Нелінійні перетворення є одним з найважливіших інструментів у комп'ютерній графіці. Вони дозволяють створювати реалістичні, ефектні та творчі зображення та анімації[5].

Перспективне перетворення є одним з найпоширеніших нелінійних перетворень у комп'ютерній графіці. Воно використовується для створення відчуття глибини в зображеннях. Перспективне перетворення змінює розмір об'єктів залежно від їх відстані від точки спостереження. Об'єкти, які розташовані ближче до точки спостереження, виглядають більшими, ніж об'єкти, які розташовані далі.

Масштабування також є поширеним нелінійним перетворенням у комп'ютерній графіці. Воно використовується для зміни розміру об'єктів. Масштабування може використовуватися для створення ефектів, таких як збільшення або зменшення об'єктів, або для створення ілюзії руху.

Поворот - це ще один поширений нелінійний перетворення у комп'ютерній графіці. Воно використовується для зміни кута повороту об'єктів. Поворот може використовуватися для створення ефектів, таких як обертання об'єктів, або для створення ілюзії руху.

Деформація - це більш складне нелінійне перетворення, яке використовується для зміни форми об'єктів. Деформація може використовуватися для створення ефектів, таких як спотворені об'єкти або об'єкти з гнучкими формами.

Візуалізація динаміки нелінійного перетворення групи об'єктів є важливою задачею в комп'ютерній графіці і досить актуальною, оскільки технологія комп'ютерної графіки постійно розвивається і в результаті є велика кількість інноваційних та новаторських програм. Саме за допомогою комп'ютерної графіки є можливість візуалізувати інформацію та дані в інтуїтивно зрозумілій і естетично привабливий спосіб, що є дуже важливим для широкого спектру наукових досліджень. Це допомагає тестувати складні явища та розроблювати нові теорії.

Застосовуються способи геометричного моделювання в таких сферах як:

- наукова візуалізація: для представлення поведінки фізичних систем, таких як потік рідини, деформація твердого тіла та поширення хвиль;
- інженерія: для аналізу дизайну продукту та моделювання виробничих процесів;
- медицина: вивчати динаміку біологічних систем і візуалізувати результати медичних процедур;
- анімація: для створення реалістичних спецефектів у фільмах та відеоіграх.

За допомогою деформаційного конструювання, що є одним із способів геометричного моделювання, можна змінювати форму геометричних об'єктів без порушення розміру. Це дуже потужний інструмент для поглибленого аналізу та проведення нових досліджень у галузі комп'ютерних технологій.

Нелінійне перетворення групи об'єктів — це перетворення, яке змінює форму та розмір об'єктів у групі. Його можна представити як функцію, яка приймає вхідні дані та повертає нові координати. Саме візуалізацію динаміки нелінійного перетворення групи об'єктів можна виконати за допомогою методів інтерактивного моделювання до яких належать полікоординатні відображення, а точніше політочкові перетворення[7].

Мета полягає в дослідженні ефективності математичного апарату полікоординатних відображень. Тобто зробити аналіз певних властивостей геометричних перетворень та довести чому цей спосіб є досить ефективним і має перспективи у подальших дослідженнях.

Один з аспектів задачі полягає саме в демонстрації візуалізації, користувач повинен мати змогу відслідковувати деформацію об'єкта за допомогою зору. Це дасть змогу інтуїтивно краще зрозуміти процес нелінійного перетворення та зрозуміти де на практиці необхідно буде реалізовувати його для подальших досліджень. Слід звернути увагу, що завдяки цьому групу геометричних об'єктів можна фіксувати до деформації і після. Процес відслідковування дасть змогу отримати детальне перетворення групи об'єктів. Також не менш важливим аспектом є практичне застосування методів геометричного моделювання в середовищі інформатики, щоб отримати результат. Основою будь-якої системи деформативного моделювання є пакет програм для опису та побудови зовнішніх геометричних форм об'єктів, що зазнали деформацій.

Головним аспектом задачі є розробка програмного продукту, який зможе візуалізувати процес нелінійного перетворення групи геометричних об'єктів методом політочкових перетворень. Додаток забезпечить можливість спостерігати поетапно за кожним кроком геометричного перетворення фігур, що в результаті дасть зображення деформації групи об'єктів. Програмний продукт повинен бути зручним у користуванні, щоб вивчати деформаційне конструювання і реагувати на результати[2].

Завдання дослідження полягає в аналізі методів геометричного моделювання групи об'єктів, виокремити особливості нелінійного перетворення, розробити додаток, що дасть змогу це все відслідковувати та аналізувати, щоб в подальшому допоможе використовувати його у навчанні і дослідження комп'ютерної графіки.

У цьому розділі було описано задачу, щодо візуалізації динаміки нелінійного перетворення групи об'єктів. Також зазначено мету і актуальність даної теми.

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Методи геометричної деформації застосовуються, коли необхідно змінити форму та розміри об'єкта без урахування його фізичних властивостей. Класифікують ці методи на два основних типи, що засновані на зміні параметрів та на зміні положення точок.

Деформації, засновані на зміні параметрів, використовуються для зміни форми та розмірів об'єкта шляхом зміни параметрів, які визначають його форму. Наприклад, для зміни розміру куба можна змінити його довжину, ширину або висоту.

Деформації, засновані на зміні положення точок, використовуються для зміни форми та розмірів об'єкта шляхом зміни положення точок, які складають його поверхню. Наприклад, для зміни форми куба можна перемістити його вершини.

Вибір методу деформації геометричних об'єктів залежить від конкретних вимог до деформації, які будуть стосуватися модифікації існуючих об'єктів для аналізу поведінки.

Важливий етап під час вирішення задач у геометричному моделюванні полягає у виборі відповідного математичного апарату системи, який слугуватиме для того, щоб з допомогою аналітичних методів описати фігуру. Для цього було обрано метод полікоординатних відображень, що є найбільш використовуваним серед інших методів моделювання[8].

2.1 Найвні методи деформаційного моделювання

Метод інтерполяції - це метод підгонки точок даних для представлення значення функції. Він має різну кількість застосувань у техніці та науці, які використовуються для побудови нових точок даних у діапазоні дискретного набору

даних із відомих точок даних або можуть використовуватися для визначення формули функції, яка буде проходити з даного набору точок (x, y) .

Під інтерполяцією слід розуміти метод отримання простої функції з заданого дискретного набору даних таким чином, що функція проходить через надані точки даних. Це допомагає визначити точки даних між заданими даними. Цей метод завжди потрібен для обчислення значення функції для проміжного значення незалежної функції. Коротше кажучи, інтерполяція — це процес визначення невідомих значень, які знаходяться між відомими точками даних. Здебільшого він використовується для прогнозування невідомих значень для будь-яких географічних точок даних, таких як рівень шуму, кількість опадів, висота тощо[15].

Інтерполяцію функцій застосовують у разі, коли потрібно знайти значення функції $y(x)$ при значенні аргументу x_i , що належить інтервалу $[x_0, \dots, x_n]$, але не збігається за значенням з жодним значенням, наведеним у таблиці 1. Це завдання, а саме інтерполяція функцій, часто зустрічається при обмеженості можливостей під час проведення експерименту. Зокрема через дорожнечу та трудомісткість проведення експерименту розмір вибірки $(x_0, x_1, x_2, \dots, x_n)$ може бути досить малий.

При цьому у багатьох випадках аналітичний вираз функції $y(x)$ невідомо та отримати його за таблицею її значень (табл. 1) у більшості випадків неможливо. Тому замість неї будують іншу функцію, яка легко обчислюється і має ту ж таблицю значень (збігається з нею в точках $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$), як і $f(x)$, тобто.

$$P_n(x_0) = f(x_0) = y_0;$$

...

$$P_n(x_i) = f(x_i) = y_i;$$

де $i = 0, 1, 2, \dots, n$.

Знаходження наближеної функції називається інтерполяцією, а точки $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$ — вузлами інтерполяції.

Інтерполуючу функцію шукають у вигляді полінома n ступеня. Для кожного набору точок є лише один інтерполяційний багаточлен, ступеня не більше n .

Однозначно певний багаточлен може бути представлений у різних видах. Графічно завдання інтерполювання полягає в тому, щоб побудувати таку інтерполюючу функцію, яка проходила б через всі вузли інтерполювання.

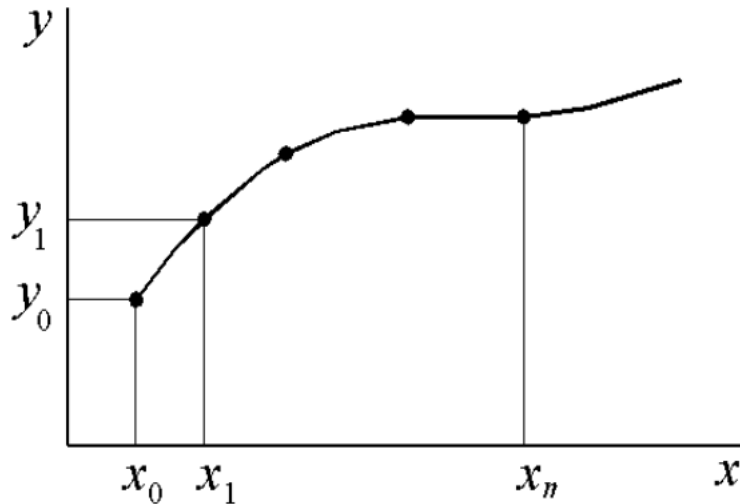


Рисунок 2.1 - Вигляд інтерполюючої функції

У комп'ютерній графіці метод Лагранжа і Ньютона може використовуватися для побудови кривих і поверхонь.

Інтерполяційний поліном Лагранжа має вигляд:

$$P_n(x) = \sum_{i=0}^n y_i \cdot L_n(x)$$

Де $L_n(x)$ – множник Лагранжа.

$$L_n(x) = \frac{(x-x_0)\dots(x-x_{i-1})(x-x_{i+1})\dots(x-x_n)}{(x_i-x_0)\dots(x_i-x_{i-1})(x_i-x_{i+1})\dots(x_i-x_n)} = \prod_{\substack{k=0 \\ k \neq i}}^n \frac{(x-x_k)}{(x_i-x_k)}$$

Отже,

$$P_n(x) = \sum_{i=0}^n y_i \left(\prod_{\substack{k=0 \\ k \neq i}}^n \frac{x-x_k}{x_i-x_k} \right)$$

Чисельник і знаменник не повинні включати значення $x = x_i$, так як результат дорівнюватиме нулю.

У розгорнутому вигляді формулу Лагранжа можна записати:

$$P_n(x) = y_0 \frac{(x - x_1)(x - x_2) \dots (x - x_n)}{(x_0 - x_1)(x_0 - x_2) \dots (x_0 - x_n)} + y_1 \frac{(x - x_0)(x - x_2) \dots (x - x_n)}{(x_1 - x_0)(x_1 - x_2) \dots (x_1 - x_n)} + \dots$$

$$+ y_n \frac{(x - x_0)(x - x_1)(x - x_2) \dots (x - x_{n-1})}{(x_n - x_0)(x_n - x_1)(x_n - x_2) \dots (x_n - x_{n-1})}.$$

Інтерполяційний поліном Лагранжа зазвичай застосовується в теоретичних дослідженнях (при доказі теорем, аналітичному розв'язанні задач тощо).

Якщо вузли інтерполяції рівновіддалені за величиною, тоді

$$x_{i+1} - x_i = h = \text{const},$$

де h – крок інтерполяції, тобто $x_i = x_0 + nh$, то інтерполяційний багаточлен можна записати у формі, запропонованій Ньютоном. Інтерполяційні поліноми Ньютона зручно використовувати, якщо точка інтерполювання знаходиться на початку таблиці – перша інтерполяційна формула Ньютона чи кінці таблиці – друга формула[23].

Інтерполюючий поліном шукається у вигляді:

$$P_n(x) = a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)(x - x_1) + \dots + a_n(x - x_0) \dots (x - x_{n-1}).$$

Побудова многочлена зводиться визначення коефіцієнтів a_i . При записи коефіцієнтів користуються кінцевими різницями.

Кінцеві різниці першого порядку запишуться як:

$$\Delta y_0 = y_1 - y_0;$$

$$\Delta y_1 = y_2 - y_1;$$

...

$$\Delta y_{n-1} = y_n - y_{n-1},$$

де y_i – значення функції за відповідних значень x_i .

Кінцеві різниці другого порядку:

$$\Delta^2 y_0 = \Delta y_1 - \Delta y_0;$$

$$\Delta^2 y_1 = \Delta y_2 - \Delta y_1;$$

...

$$\Delta^2 y_{n-2} = \Delta y_{n-1} - \Delta y_{n-2}$$

Кінцеві різниці вищих порядків, знайдуться аналогічно:

$$\Delta^k y_0 = \Delta^{k-1} y_1 - \Delta^{k-1} y_0;$$

$$\Delta^k y_1 = \Delta^{k-1} y_2 - \Delta^{k-1} y_1;$$

...

$$\Delta^k y_{n-2} = \Delta^{k-1} y_{n-1} - \Delta^{k-1} y_{n-2}$$

Коефіцієнти a_0, a_1, \dots, a_n знаходяться з умови $P_n(x_i) = y_i$. Знаходимо a_0 , вважаючи $x = x_0$,

$$a_0 = P(x_0) = y_0.$$

Далі підставляючи значення $x = x_1$, отримаємо:

$$P_n(x_1) = y_1 = y_0 + a_1(x_1 - x_0),$$

$$a_1 = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} = \frac{\Delta y_0}{h}.$$

Для визначення a_2 , вважаючи $x = x_2$, отримаємо:

$$P_n(x_2) = y_2 = y_0 + \frac{\Delta y_0}{h}(x_2 - x_0) + a_2(x_2 - x_0)(x_2 - x_1) =$$

$$= y_0 + 2\Delta y_0 + a_2 2h^2;$$

$$a_2 = \frac{y_2 - y_0 - 2\Delta y_0}{2h^2} = \frac{y_2 - y_0 - 2y_1 + 2y_0}{2h^2} = \frac{y_2 - 2y_1 + y_0}{2h^2} =$$

$$= \frac{(y_2 - y_1) - (y_1 - y_0)}{2h^2} = \frac{\Delta y_1 - \Delta y_0}{2h^2} = \frac{\Delta^2 y_0}{2!h^2}.$$

Загальна формула для знаходження всіх коефіцієнта має вигляд:

$$a_i = \frac{\Delta^i y_0}{i! h^i},$$

де $i = 1 \dots n$.

В результаті отримаємо:

$$P_n(x) = y_0 + \frac{\Delta y_0}{1! h^n}(x - x_0) + \frac{\Delta^2 y_0}{2! h^n}(x - x_0)(x - x_1) + \dots$$

$$+ \frac{\Delta^n y_0}{n! h^n}(x - x_0) \dots (x - x_{n-1}).$$

Даний многочлен називають першим поліномом Ньютона.

Для знаходження значень функції в кінці інтервала інтерполювання інтерполяційний поліном запишеться у вигляді:

$$P_n(x) = a_0 + a_1(x - x_n) + a_2(x - x_n)(x - x_{n-1}) + \dots + a_n(x - x_n)(x - x_{n-1}) \dots (x - x_1).$$

Коефіцієнти a_0, a_1, \dots, a_n знаходяться з умови $P_n(x_i) = y_i$, підставляючи $x = x_n$, знайдемо

$$P_n(x_n) = y_n = a_0.$$

Для $x = x_{n-1}$:

$$P_n(x_{n-1}) = y_{n-1} = y_n + a_1(x_{n-1} - x_n), a_1 = \frac{y_n - y_{n-1}}{h} = \frac{\Delta y_{n-1}}{h}.$$

Для $x = x_{n-2}$:

$$P_n(x_{n-2}) = y_{n-2} = y_n + \frac{\Delta y_{n-1}}{h}(x_{n-2} - x_n) + a_2(x_{n-2} - x_n)(x_{n-2} - x_{n-1}) = y_n + \frac{\Delta y_{n-1}}{h}(-2h) + a_2 2h^2 = y_n - 2\Delta y_{n-1} + a_2 2h^2;$$

$$a_2 = \frac{\Delta^2 y_{n-2}}{2! h^2}$$

Формула для знаходження всіх коефіцієнтів матиме вигляд:

$$a_{\text{ш}} = \frac{\Delta^{\text{ш}} y_{n-1}}{i! h^i}$$

Потім отримаємо:

$$\begin{aligned} P_n(x) = & y_n + \frac{\Delta y_{n-1}}{h}(x - x_n) + \frac{\Delta^2 y_{n-2}}{2! h^2}(x - x_n)(x - x_{n-1}) \\ & + \frac{\Delta^3 y_{n-3}}{3! h^3}(x - x_n)(x - x_{n-1})(x - x_{n-2}) + \dots \\ & + \frac{\Delta^n y_0}{n! h^n}(x - x_n)(x - x_{n-1}) \dots (x - x_1) \end{aligned}$$

Отже ознайомившись з цим поліноміальним методами, можна зробити висновок, що їх властивостей не достатньо для задачі візуалізації динаміки нелінійних

перетворень групи геометричних об'єктів, тому слід розглянути метод політочкових перетворень.

2.2 Метод політочкових перетворень

Методи політкоординатних перетворень - це методи, які використовуються для перетворення координат точок геометричного об'єкта. Ці методи застосовуються в різних областях, таких як комп'ютерна графіка, машинне навчання та геоінформатика. Основні типи політкоординатних перетворень

Існує два основних типи політкоординатних перетворень.

Одновимірні перетворення - це перетворення, які змінюють координати однієї точки.

Багатовимірні перетворення - це перетворення, які змінюють координати декількох точок.

Політкоординатні перетворення можна реалізувати різними способами. Найпростіший спосіб - використовувати алгоритми лінійної алгебри. Ці алгоритми дозволяють обчислити нові координати точок за допомогою матриць перетворень.

Інший спосіб реалізації політкоординатних перетворень - використовувати методи інтерполяції. Ці методи дозволяють обчислити нові координати точок за допомогою даних про сусідні точки[16].

Політкоординатні перетворення застосовуються в різних областях.

Комп'ютерна графіка - політкоординатні перетворення використовуються для створення спецефектів, таких як зближення, віддалення та поворот.

Машинне навчання - політкоординатні перетворення використовуються для підготовки даних для навчання машинних моделей.

Геоінформатика - політкоординатні перетворення використовуються для перетворення даних із однієї системи координат в іншу.

В комп'ютерній графіці політкоординатні перетворення використовуються для створення спецефектів, таких як:

Зближення - політкоординатні перетворення використовуються для збільшення розміру об'єкта.

Віддалення - політкоординатні перетворення використовуються для зменшення розміру об'єкта.

Поворот - політкоординатні перетворення використовуються для зміни напрямку об'єкта.

В машинному навчанні політкоординатні перетворення використовуються для підготовки даних для навчання машинних моделей. Наприклад, політкоординатні перетворення можуть бути використані для вирівнювання даних, щоб дані були більш подібними один до одного.

В геоінформації політкоординатні перетворення використовуються для перетворення даних із однієї системи координат в іншу. Наприклад, політкоординатні перетворення можуть бути використані для перетворення даних з системи координат Землі в систему координат карти.

Політочкові перетворення - це вид геометричних перетворень, які дозволяють деформувати геометричні фігури шляхом переміщення їх точок.

Основною відмінністю політочкових перетворень від інших видів геометричних перетворень є те, що вони не змінюють розмірів і форми фігури. Деформація фігури відбувається шляхом переміщення її точок в просторі.

Політочкові перетворення мають ряд переваг перед іншими видами геометричних перетворень. По-перше, вони дозволяють деформувати фігуру в довільний спосіб. По-друге, вони не змінюють розмірів і форми фігури, що може бути важливо в деяких випадках.

Політочкові перетворення мають широке застосування в різних сферах. Вони використовуються в комп'ютерній графіці, САД-системах, промисловому проектуванні та інших областях.

У комп'ютерній графіці політочкові перетворення використовуються для деформації геометричних фігур при створенні анімації, ігор та інших графічних об'єктів. Наприклад, політочкові перетворення можна використовувати для того, щоб деформувати обличчя персонажа при розмові або емоціях[20].

У САD-системах політочкові перетворення використовуються для деформації геометричних об'єктів при проектуванні. Наприклад, політочкові перетворення можна використовувати для того, щоб деформувати модель автомобіля при зміні розмірів або форми.

У промисловому проектуванні політочкові перетворення використовуються для деформації геометричних об'єктів при проектуванні штамів, інструментів та інших виробів. Наприклад, політочкові перетворення можна використовувати для того, щоб деформувати модель деталі при зміні її розмірів або форми.

Політочкові перетворення є перспективним напрямком досліджень. В даний час вчені працюють над розробкою нових методів політочкових перетворень, які будуть дозволяти деформувати фігури в більш складний спосіб.

Одним з напрямків розвитку політочкових перетворень є розробка методів, які дозволятимуть деформувати фігури з урахуванням їх фізичних властивостей. Наприклад, такі методи можна використовувати для того, щоб деформувати модель автомобіля, враховуючи її жорсткість і міцність.

Іншим напрямком розвитку політочкових перетворень є розробка методів, які дозволятимуть деформувати фігури в реальному часі. Такі методи можна використовувати для створення анімації, яка буде більш реалістичною.

Загалом, політочкові перетворення є потужним інструментом, який має широке застосування в різних сферах. Розвиток політочкових перетворень дозволить створювати більш реалістичні і складні геометричні об'єкти. За допомогою методу політочкових перетворень можна деформувати конкретну групу геометричних об'єктів, тому він досить часто використовується у комп'ютерній графіці та моделюванні. Саме цей метод допоможе у вирішенні поставленої задачі. Цей процес

слід розділити на підпроцеси, тоді можна буде отримати бажаний результат. Кожен об'єкт перетворень являє собою певний набір точок, а сам простір перетворень задається точками і його прийнято називати базисом. Базис задається будь-яким набором точок, але краще, щоб він був якомога щільніше розташований навколо об'єкта перетворень. Кожна точка об'єкта послідовно проектується на точки базису.

Тобто навколо об'єкта або групи об'єктів створюється область, яка задана набором точок, кількість політочкових координат і буде характеризувати об'єкт перетворення. Кількість точок базису визначає ступінь деформації простору. Потім щоб деформувати геометричний об'єкт, необхідно змінювати точки базису, зміни відображаються на політочкових об'єкта, що в результаті призведе до зміни форми об'єкта, тобто його нелінійного перетворення[13].

Приклад зануреного геометричного об'єкта в базис зображено на рисунку 2.2.

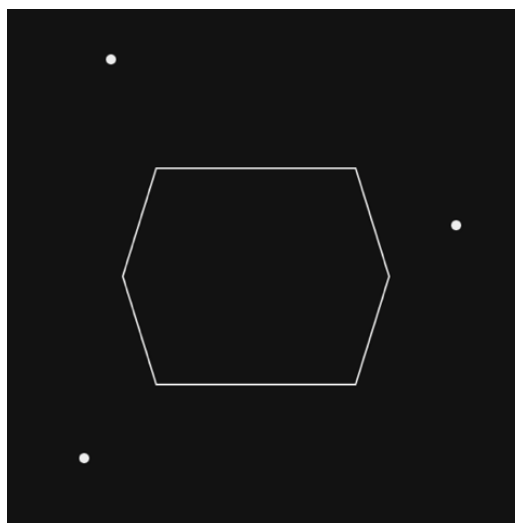


Рисунок 2.2 – Геометрична модель занурена в базис

При практичній реалізації методу політочкових перетворень контур деформованого об'єкта може бути неоднорідним. Це означає, що відстань між точками об'єкта може бути різною. У деяких точках прообразу ця відстань може бути меншою, ніж у інших точках.

Цей недолік може призвести до того, що координати точок кінцевого базису будуть не точними. Це може призвести до того, що алгоритм не завжди правильно працюватиме. Наприклад, об'єкт може деформуватися неправильно або може виникнути розрив у деформованому об'єкті.

Отже в цьому розділі проведено аналіз існуючих методів деформації та обраний метод для подальшого використання.

3 МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ СИСТЕМИ НЕЛІНІЙНОГО ПЕОЕТВОРЕННЯ ГРУПИ ОБ'ЄКТІВ

Даний розділ демонструє математичний апарат системи, а саме спосіб моделювання деформації групи геометричних об'єктів за допомогою політочкових перетворень. Проаналізована, як за допомогою такого методу можна візуалізувати нелінійне перетворення групи об'єктів.

У однорідному просторі, для задання початкового базису необхідно точки базису, координати цих точок матимуть вигляд:

$$x_i^{\Pi}, y_i^{\Pi}, z_i^{\Pi}, i = 1, 2, \dots, k.$$

Рівняння прямої-прообразу в базисі:

$$ax_i^{\Pi} + by + cz_i^{\Pi} = \beta_i, i = 1, \dots, k,$$

де a, b, c це координати прообразу прямої.

Тоді декартові координати точок каркасу будуть:

$$(x_1^{\Pi}, y_1^{\Pi}, z_1^{\Pi}), (x_2^{\Pi}, y_2^{\Pi}, z_2^{\Pi}), \dots (x_p^{\Pi}, y_p^{\Pi}, z_p^{\Pi}),$$

Прообраз прямої, яка задана політочковими координатами β_i , які є відстанню з своїм знаком від цих точок прообразу, який задається коефіцієнтами a, b, c , якщо вони нормалізовані. Оновлений базис буде задаватись новими точками x_i, y_i, z_i , нові відстані можна буде знайти за формулами:

$$\beta_i = Ax_i + By_i + Cz_i,$$

де A, B, C є невідомими координатами нової прямої, x_i, y_i, z_i є оновленим базисом. β_i та φ_i це політочкові координати прямої[5].

При умові, коли каркас є багатоточковим, змінюються і політочкові координати.

Якщо взяти певну пряму, яка належить каркасу, то отримаємо різні політканинні координати, звідси слідує, що $\varphi_i \neq \beta_i, i = 1, 2, \dots, k$.

Рисунок 3.1 показує, як метод політочкових перетворень можна використовувати для деформації об'єктів, які задаються багатоточковим каркасом. На

рисунку показано, як зміни координат точок каркасу призводять до зміни форми об'єкта.

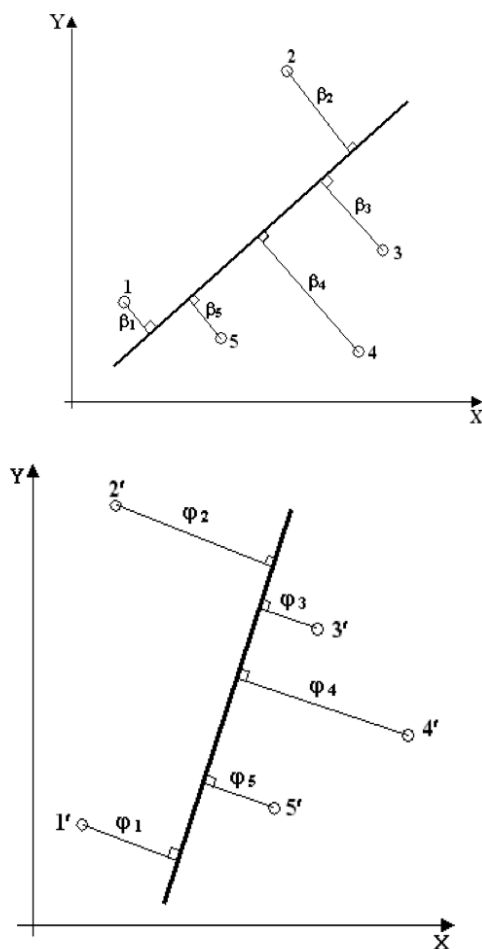


Рисунок 3.1 – Нелінійні перетворення при багатоточковому каркасі

Отримаємо задачу, що необхідно щоб в обох базисах був встановлений зв'язок між φ_i та $\beta_i, i = 1, 2, \dots, k$ координатами.

У політочковому базисі координата точки прямої визначається її віддаленістю від відповідної точки базису.

Тому, політочкове перетворення прямої можна визначити як зміну її координат у новому базисі. Тоді політочкове перетворення:

$$\beta_i = \omega_i \varphi_i, \quad i = 1, 2, \dots, k.$$

Використавши це вираз, матимемо рівняння виду:

$$\omega_i \beta_i = Ax_i + By_i + Cz_i, \quad i = 1, 2, \dots, k.$$

Для однозначного розв'язку даної системи слід ввести три додаткових умови. Щоб отримати ці умови знайдемо ω_i , $i = 1, 2, \dots, p$. У випадку коли умови матимуть мінімальне відхилення від одиниці β_i мало відхилитиметься від φ_i . Тоді функціонал повинен бути мінізований[8].

$$S = \sum_{i=1}^p (\omega_i - 1)^2 \rightarrow \min.$$

Використавши вираз $\frac{\beta_i}{\varphi_i}$ отримаємо:

$$S = \sum_{i=1}^p \left(\frac{\beta_i}{\varphi_i} - 1 \right)^2 = \sum_{i=1}^p \left(\left(\frac{Ax_i + By_i + Cz_i}{\varphi_i} \right) - 1 \right)^2 \rightarrow \min.$$

Для того щоб знайти А, В, С, потрібно знайти частинні похідні за А та В.

$$\frac{\partial S}{\partial A} = 2 \sum_{i=1}^p \left(\left(\frac{Ax_i + By_i + Cz_i}{\varphi_i} \right) - 1 \right) \left(\frac{X_i}{\varphi_i} \right) = 0;$$

$$\frac{\partial S}{\partial B} = 2 \sum_{i=1}^p \left(\left(\frac{Ax_i + By_i + Cz_i}{\varphi_i} \right) - 1 \right) \left(\frac{Y_i}{\varphi_i} \right) = 0$$

Після того як розкрити дужки, отримаємо:

$$A \sum_{i=1}^p \frac{(X_i X_i)}{\varphi_i^2} + B \sum_{i=1}^p \frac{(X_i Y_i)}{\varphi_i^2} + C \sum_{i=1}^p \frac{(X_i Z_i)}{\varphi_i^2} = 0;$$

$$A \sum_{i=1}^p \frac{(Y_i X_i)}{\varphi_i^2} + B \sum_{i=1}^p \frac{(Y_i Y_i)}{\varphi_i^2} + C \sum_{i=1}^p \frac{(Y_i Z_i)}{\varphi_i^2} = 0;$$

Система має вигляд:

$$\begin{cases} A \sum_{i=1}^p \frac{(X_i X_i)}{\varphi_i^2} + B \sum_{i=1}^p \frac{(X_i Y_i)}{\varphi_i^2} + C \sum_{i=1}^p \frac{(X_i Z_i)}{\varphi_i^2} = \sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\varphi_i}, \\ A \sum_{i=1}^p \frac{(Y_i X_i)}{\varphi_i^2} + B \sum_{i=1}^p \frac{(Y_i Y_i)}{\varphi_i^2} + C \sum_{i=1}^p \frac{(Y_i Z_i)}{\varphi_i^2} = \sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\varphi_i}, \\ A^2 + B^2 = 1 \end{cases}$$

Розділимо рівняння на вирази, щоб коефіцієнт С дорівнював одиниці.

Матимемо вигляд:

$$\begin{cases} A \frac{\sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{X_i Z_i}{\varphi_i^2}} + B \frac{\sum_{i=1}^p \frac{X_i Y_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{X_i Z_i}{\beta_i^2}} + C = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{X_i Z_i}{\varphi_i^2}}, \\ A \frac{\sum_{i=1}^p \frac{X_i Y_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{Y_i Z_i}{\varphi_i^2}} + B \frac{\sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{Y_i Z_i}{\varphi_i^2}} + C = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{Y_i Z_i}{\varphi_i^2}}, \\ A^2 + B^2 = 1 \end{cases}$$

Якщо підставити в систему рівнянь декартові координати точок нового базису, то результатом отримаємо біля А і В числові значення. Ці значення є координатами точки прямої в новому базисі. Нова пряма:

$$AX + BY + C = 0.$$

Треба використати дві прямі, які перетинаються, для визначення точок.

$$\begin{cases} a_1 X + c_1 = 0, \\ b_2 Y + c_2 = 0. \end{cases}$$

Тоді:

$$\begin{cases} X = -\frac{c_1}{a_1}, \\ Y = -\frac{c_2}{b}. \end{cases}$$

Якщо $z = 1$, у випадку n точок базису, тоді система матиме вигляд:

$$\begin{cases} Ax_{10} + By_{10} + C = d_{10}, \\ Ax_{20} + By_{20} + C = d_{20}, \\ A^2 + B^2 = 1, \end{cases}$$

де

$$x_{10} = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{X_i X_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\varphi_i^2}}, \quad y_{10} = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{X_i Y_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\varphi_i^2}}, \quad d_{10} = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\varphi_i^2}},$$

$$x_{20} = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{X_i Y_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\varphi_i^2}}, y_{20} = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{Y_i Y_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\varphi_i^2}}, d_{20} = \frac{\sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\varphi_i^2}}{\sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\varphi_i^2}}$$

Раніше ми розглянули, як розв'язати деформаційну задачу політочкового перетворення на площині за допомогою оптимізаційних методів. Однак цей підхід не є ефективним у тривимірному просторі, оскільки вимагає розв'язання нелінійної системи рівнянь. Ось інший спосіб розв'язання цієї задачі. Він полягає в тому, щоб замінити нелінійну систему рівнянь лінійною. Це спрощує задачу і дозволяє її розв'язати більш ефективно[11].

Базис заданий точками з координатами:

$$x_i^{\Pi}, y_i^{\Pi}, z_i^{\Pi}, i = 1, 2, \dots, k.$$

Використавши рівняння, визначимо прообраз прямої:

$$ax_i^{\Pi} + by + cz_i^{\Pi} = \varphi_i, i = 1, \dots, k,$$

Координати точок початкового базису позначаються $x_i^{\Pi}, y_i^{\Pi}, z_i^{\Pi}$. Коефіцієнти заданої прямої - a, b, c. Змінений базис - це сім'я нових точок x_i, y_i, z_i . Нові відстані визначаються за допомогою наступних формул:

$$\beta_i = Ax_i + By_i + Cz_i,$$

де A, B, C є невідомими координатами нової прямої, x_i, y_i, z_i є оновленим базисом.

Якщо потрібно знайти єдиний розв'язок задачі перетворення прямої з одного базису в інший, то необхідно використовувати оптимізаційні методи.

$$\begin{cases} Ax_{10} + By_{10} + C = d_{10}, \\ Ax_{20} + By_{20} + C = d_{20}, \\ A^2 + B^2 = 1, \end{cases}$$

де $x_{10}, x_{20}, y_{10}, y_{20}, d_{10}, d_{20}$ Координати точок прямої в новому базисі визначаються за допомогою функцій, які враховують відстані між точками прямої в початковому базисі та декартові координати точок нового базису.

Нелінійність вказаній системі рівнянь надає третє рівняння, яке має на меті зберігати нормованість перетвореної прямої. Нормою у випадку таких політочкових перетворень буде відстань від точок базису до прямої, які перетворюються, причому під відстанню розуміють число, яке може бути отримане внаслідок підстановки координат точок базису у нормований вигляд прямої. [16].

При мінімізації отримаємо третє рівняння системи:

$$S = \sum_{i=1}^p (\omega_i - 1)^2 \rightarrow \min.$$

Підставивши вираз $\frac{\beta_i}{\varphi_i}$ отримаємо:

$$S = \sum_{i=1}^p \left(\frac{\beta_i}{\varphi_i} - 1 \right)^2 = \sum_{i=1}^p \left(\left(\frac{(Ax_i + By_i + Cz_i)}{\varphi_i} \right) - 1 \right)^2 \rightarrow \min.$$

За допомогою частинних похідних виконаємо наступне:

$$\frac{\partial S}{\partial A} = 2 \sum_{i=1}^p \left(\left(\frac{(Ax_i + By_i + Cz_i)}{\varphi_i} \right) - 1 \right) \left(\frac{X_i}{\varphi_i} \right) = 0;$$

$$\frac{\partial S}{\partial B} = 2 \sum_{i=1}^p \left(\left(\frac{(Ax_i + By_i + Cz_i)}{\varphi_i} \right) - 1 \right) \left(\frac{Y_i}{\varphi_i} \right) = 0;$$

$$\frac{\partial S}{\partial C} = 2 \sum_{i=1}^p \left(\left(\frac{(Ax_i + By_i + Cz_i)}{\varphi_i} \right) - 1 \right) \left(\frac{Z_i}{\varphi_i} \right) = 0;$$

В результаті ми отримаємо три рівняння з невідомими А, В, С:

$$A \sum_{i=1}^p \frac{(X_i X_i)}{\varphi_i^2} + B \sum_{i=1}^p \frac{(X_i Y_i)}{\varphi_i^2} + C \sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\varphi_i^2} - \sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\varphi_i} = 0;$$

$$A \sum_{i=1}^p \frac{(Y_i X_i)}{\varphi_i^2} + B \sum_{i=1}^p \frac{(Y_i Y_i)}{\varphi_i^2} + C \sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\varphi_i^2} - \sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\varphi_i} = 0$$

$$A \sum_{i=1}^p \frac{X_i}{\varphi_i^2} + B \sum_{i=1}^p \frac{Y_i}{\varphi_i^2} + C \sum_{i=1}^p \frac{1}{\varphi_i^2} - \sum_{i=1}^p \frac{1}{\varphi_i} = 0$$

Три рівняння, отримані після розкриття дужок і зведення подібних членів, утворюють лінійну систему з невідомими А, В, С. Таку систему можна розв'язати будь-яким методом. Розв'язком системи є коефіцієнти А, В, С, які визначають параметри перетвореної прямої.

4 ОПИС СИСТЕМИ НЕЛІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ГРУПИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Модульне програмування - це метод розробки програм, який полягає в їх розбитті на окремі, функціонально завершені частини, які називаються модулями. Модулі мають певне призначення і функціонально незалежні один від одного. Це робить програму легше для розуміння, обслуговування та модифікації.

Модульне програмування набуло широкого поширення завдяки своїм багатьом перевагам. Воно дозволяє:

- знизити складність розробки та реалізації програм. Розбиття програми на модулі дозволяє розробникам зосередитися на окремих аспектах програми, що робить її розробку більш легкою і керованою;
- полегшити читання та розуміння програм. Модульна структура робить програму більш структурованою і зрозумілою, що полегшує її читання та розуміння як програмістами, так і користувачами;
- спростити налаштування та внесення змін до програм. Модулі можуть бути розроблені та протестовані окремо, що значно спрощує налаштування та внесення змін до програми;
- покращити роботу з даними зі складною структурою. Модулі можуть бути розроблені для роботи з даними зі складною структурою, що полегшує їх використання та управління;
- дозволити уникнути надмірної деталізації алгоритмів. Модульна структура дозволяє розробникам уникнути надмірної деталізації алгоритмів, що покращує їх читабельність і зрозумілість;
- покращити використання пам'яті комп'ютера. Модулі можуть бути оптимізовані для використання пам'яті комп'ютера, що покращує ефективність програми.

Завдяки цим перевагам модульне програмування є актуальним і популярним методом розробки програм. Воно широко використовується в розробці програмного

забезпечення різного призначення, від системного програмування до розробки веб-додатків.

Однак модульне програмування має і деякі недоліки, такі як:

- збільшення обсягу робіт, необхідних для розробки програм. Модульна розробка вимагає від розробників додаткових зусиль для проектування та реалізації модулів;
- зростання витрати часу центрального процесора на виконання програм. Модулі мають додатковий код для управління взаємодією між ними, що може призвести до збільшення витрати часу центрального процесора на виконання програми;
- можуть виникнути труднощі в системах реального часу. Модулі можуть призвести до затримок у виконанні програми, що може бути неприйнятним в системах реального часу;
- незважаючи на ці недоліки, переваги модульного програмування переважають. Модульне програмування є потужним інструментом, який дозволяє розробникам створювати більш якісні, надійні та масштабовані програми.

В сучасному світі, коли програми стають все більш складними і масштабними, модульне програмування стає все більш актуальним. Воно дозволяє розробникам справлятися з викликами, пов'язаними з розробкою великих програм, таких як:

- збільшення складності програм. Модульна структура робить програми більш структурованими і зрозумілими, що полегшує їх розробку та обслуговування;
- зростання розміру програм. Модульна структура дозволяє розробникам розробляти програми по частинах, що полегшує їх розробку та налагодження;
- відсутність стандартів. Модульна структура дозволяє розробникам використовувати стандартизовані модулі, що покращує їх взаємодію та полегшує їх обслуговування.

Модульне програмування також стає все більш популярним завдяки розвитку технологій, таких як, облачне програмування. Облачне програмування вимагає від

розробників створення модульних програм, які можна легко масштабувати та адаптувати до різних потреб.

Машинне навчання. Модульне програмування дозволяє розробникам створювати модульні системи машинного навчання, які можна легко модифікувати та налаштовувати.

Модульне програмування - це потужний інструмент, який дозволяє розробникам створювати більш якісні, надійні та масштабовані програми. Воно є актуальним і популярним методом розробки програм, який буде продовжувати використовуватися в майбутньому.

Розроблено систему нелінійного перетворення групи геометричних об'єктів, яка демонструє візуалізацію деформації групи геометричних об'єктів. Схема системи представлена на рисунку 4.1.



Рисунок 4.1 – Функціональна схема системи нелінійного перетворення групи геометричних об'єктів

Система деформаційного моделювання геометричних об'єктів є складною, вона складається з трьох модулів: графічного, розрахункового та візуалізації.

Графічний модуль відповідає за інтерфейс користувача та обробку вхідних даних. Користувач може використовувати графічні елементи, такі як кнопки, слайдери та поля введення, щоб ввести параметри деформації. Введені дані передаються в розрахунковий модуль для подальшого обчислення.

Розрахунковий модуль є основним модулем системи. Він містить реалізації математичних формул політочкових перетворень. Ці формули дозволяють обчислити нові координати точок об'єкта після його деформації.

Модуль візуалізації відповідає за відображення результатів деформації. Він створює графічний інтерфейс, в якому користувач може переглядати отримані результати. Модуль візуалізації також може використовуватися для запису результатів у файл.

Система деформаційного моделювання є потужним інструментом, який можна використовувати для створення нових форм геометричних об'єктів. Вона може застосовуватися в різних областях, таких як комп'ютерна графіка, машинне навчання та обробка зображень.

В цьому розділі продемонстровано та описано функціональну схему системи нелінійного перетворення групи об'єктів. Показано за що відповідає кожен з модулів.

5 ОПИС ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ ДОДАТКУ

Розробка системи деформаційного моделювання геометричних об'єктів на основі політочкових перетворень була здійснена за допомогою наступних етапів: Аналіз існуючих методів деформації об'єктів. На цьому етапі було вивчено різні методи деформації об'єктів, як класичні, так і сучасні. Було виявлено, що методи деформації на основі політочкових перетворень є найбільш ефективними та гнучкими. Вибір методу деформації. На цьому етапі було обрано метод деформації на основі політочкових перетворень. Цей метод був обраний через його високу ефективність і гнучкість.

Розробка модулів системи. На цьому етапі було розроблено три модулі системи: графічний, розрахунковий та візуалізації.

Впровадження системи. На цьому етапі було створено програмний код системи та проведено її тестування.

Графічний модуль відповідає за інтерфейс користувача та обробку вхідних даних. Він дозволяє користувачеві вибрати об'єкт, який необхідно деформувати, а також задати параметри деформації.

Розрахунковий модуль є основним модулем системи. Він містить реалізації математичних формул політочкових перетворень. Ці формули дозволяють обчислити нові координати точок об'єкта після його деформації.

Модуль візуалізації відповідає за відображення результатів деформації. Він створює графічний інтерфейс, в якому користувач може переглядати отримані результати.

Функціональні схеми, представлені нижче, слугують для розв'язування та аналізу представлених задач.

Функціональна схема 1 демонструє процес обробки вхідних даних графічним модулем. Функціональна схема 2 демонструє процес обчислення нових координат

точок об'єкта розрахунковим модулем. Функціональна схема 3 демонструє процес відображення результатів деформації модулем візуалізації.

5.1 Інтерфейс програми

Інтерфейс даної програми є важливим елементом, який визначає її зручність використання.

Розробники програми приділили особливу увагу розробці інтерфейсу, щоб він був максимально простим і зрозумілим для користувача.

Для цього було використано наступні принципи:

- **наочність.** Інтерфейс програми виконаний у наочному стилі з використанням яскравих кольорів і чітких шрифтів. Це дозволяє користувачеві швидко і легко зрозуміти, як він працює;
- **інтуїтивність.** Кожен елемент інтерфейсу має зрозуміле призначення. Користувачеві не потрібно читати довгі інструкції, щоб зрозуміти, як користуватися програмою;
- **ергономічність.** Розміри елементів інтерфейсу та відстань між ними підібрані таким чином, щоб користувач міг комфортно працювати з програмою.

Завдяки цим принципам інтерфейс програми є простим і зручним у використанні, виконаний у наочному стилі з використанням яскравих кольорів і чітких шрифтів. Користувач може швидко і легко освоїти програму та отримати бажаний результат. Розміри елементів інтерфейсу та відстань між ними підібрані таким чином, щоб користувач міг комфортно працювати з програмою.

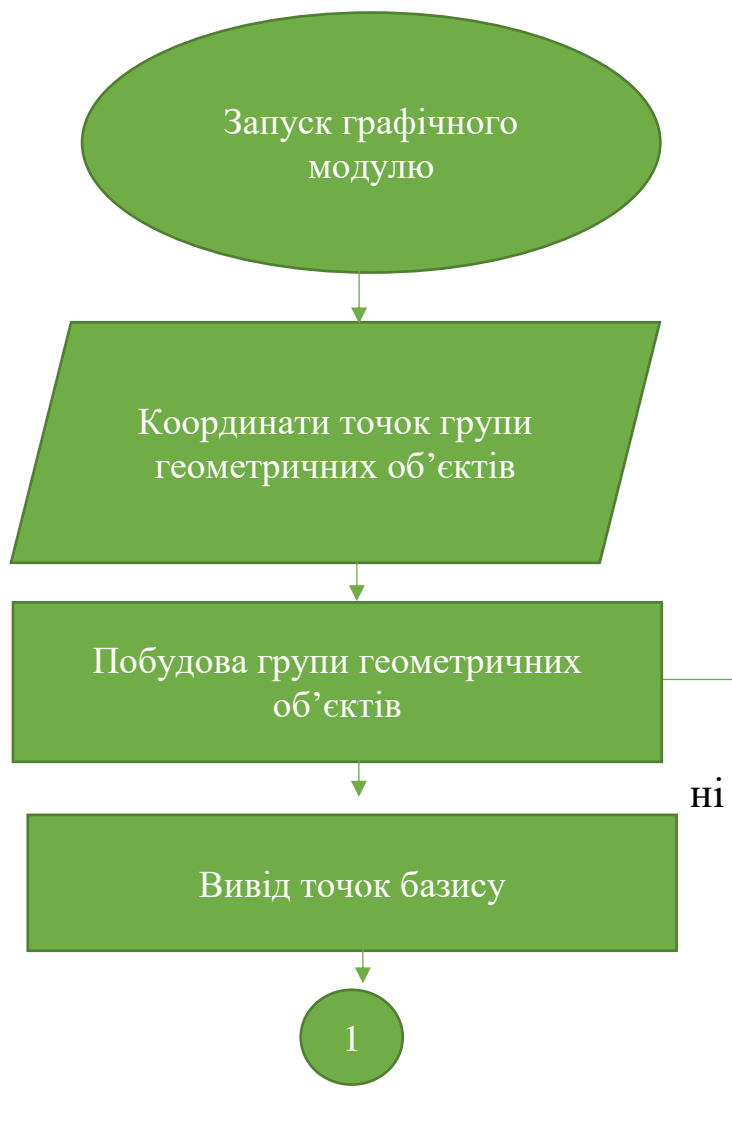
5.2 Графічний модуль

Графічний модуль системи деформаційного моделювання геометричних об'єктів відповідає за інтерфейс користувача та обробку вхідних даних.

У даному випадку графічний модуль виконує наступні функції:

- обробка запитів користувача. Графічний модуль дозволяє користувачеві вибрати об'єкт, який необхідно деформувати, а також задати параметри деформації;
- відображення результатів на екрані. Графічний модуль відображає на екрані результати деформації.

Ці функції графічного модуля продемонстровано на рисунку 5.1.



Продовження функціональної схеми:

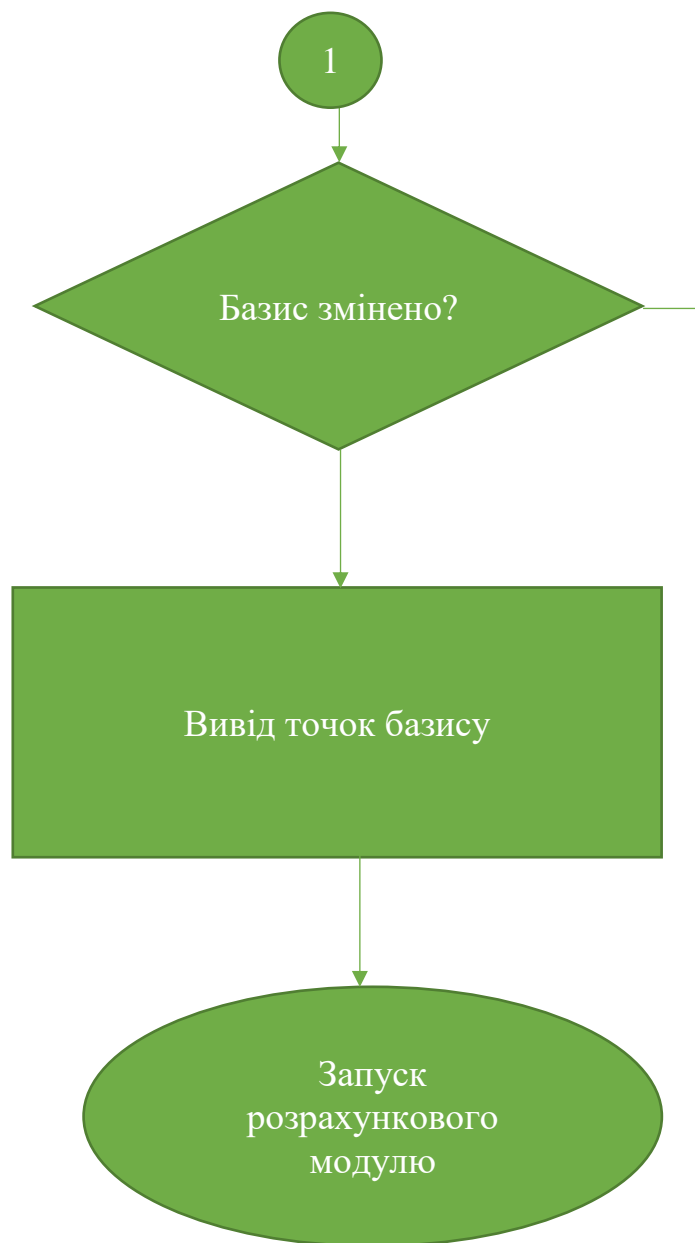


Рисунок 5.1 – Функціональна схема графічного модулю

Функціональна схема графічного модуля використовується для розуміння того, як працює графічний модуль. Вона показує, як дані, отримані від інших компонентів системи, обробляються та перетворюються в дані, які можна використовувати для створення зображення.

5.3 Модуль перетворень

Модуль перетворень є основним модулем системи деформаційного моделювання геометричних об'єктів. Він відповідає за обчислення нових координат точок об'єкта після його деформації.

Основні функції модуля перетворень:

- обчислення нових координат точок об'єкта. Модуль перетворень реалізує математичні формули політочкових перетворень. Ці формули дозволяють обчислити нові координати точок об'єкта після його деформації;
- виконання різних типів перетворень. Модуль перетворень може виконувати різні типи перетворень, такі як: «Політочкові перетворення», «Перетворення прямої», «Перетворення еліпса», «Перетворення довільного об'єкта».

Рисунок 5.2 демонструє роботу модуля перетворень. На цьому рисунку показано, як модуль перетворень обчислює нові координати точок об'єкта після його деформації.

Додатково можна пояснити, що модуль перетворень є складним модулем, який містить багато математичних формул. Формули модулю перетворень були розроблені таким чином, щоб забезпечити високу точність і ефективність обчислень.



Продовження функціональної схеми:

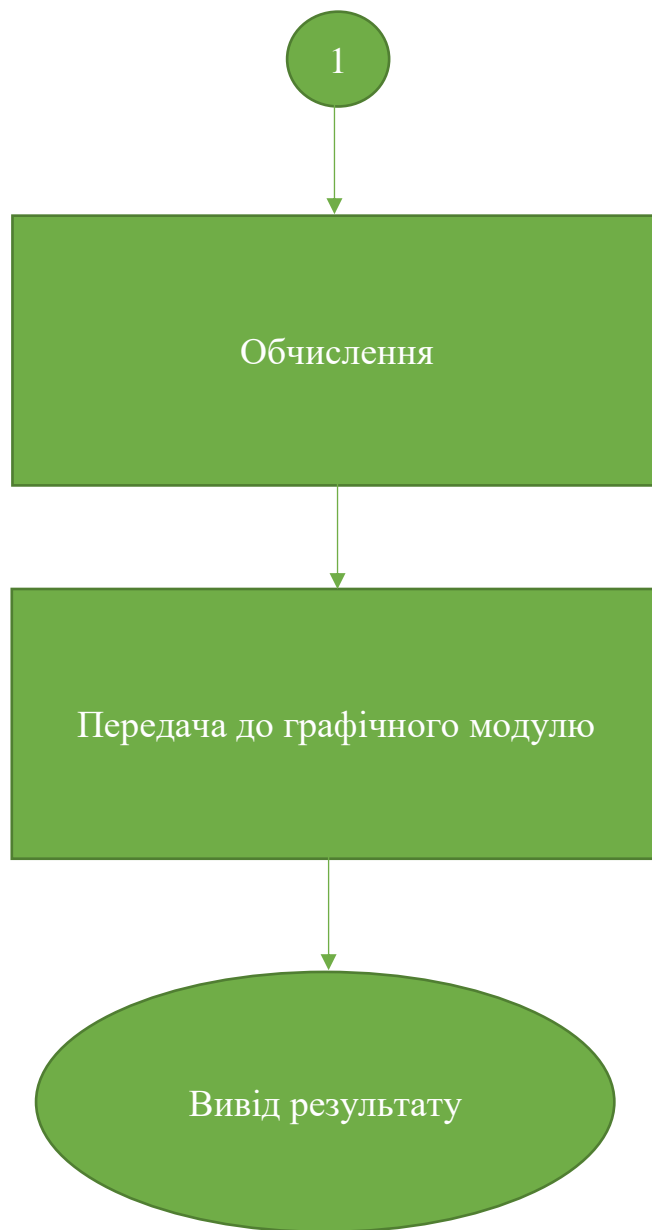


Рисунок 5.2 – Функціональна схема модулю перетворень

Розрахунковий модуль виконує всі необхідні розрахунки для деформації геометричного об'єкта. Після цього він передає результати обчислень графічному модулю, який відображає отримані результати на екрані. Таким чином, розрахунковий модуль є ключовим компонентом системи деформаційного моделювання

геометричних об'єктів. Він відповідає за виконання всіх необхідних розрахунків для деформації об'єкта.

5.4 Загальний вигляд роботи програми

Рисунок 5.3 демонструє взаємодію користувача з додатком деформаційного моделювання геометричних об'єктів.

Користувач взаємодіє з додатком за допомогою графічного інтерфейсу. На початку користувач вибирає об'єкт, який необхідно деформувати. Після цього користувач задає параметри деформації.

Модуль перетворень отримує параметри деформації від графічного модуля. Модуль перетворень обчислює нові координати точок об'єкта після його деформації. Модуль візуалізації отримує нові координати точок об'єкта від модуля перетворень. Модуль візуалізації відображає результати деформації на екрані.

Таким чином, взаємодія користувача з додатком деформаційного моделювання геометричних об'єктів відбувається в три етапи:

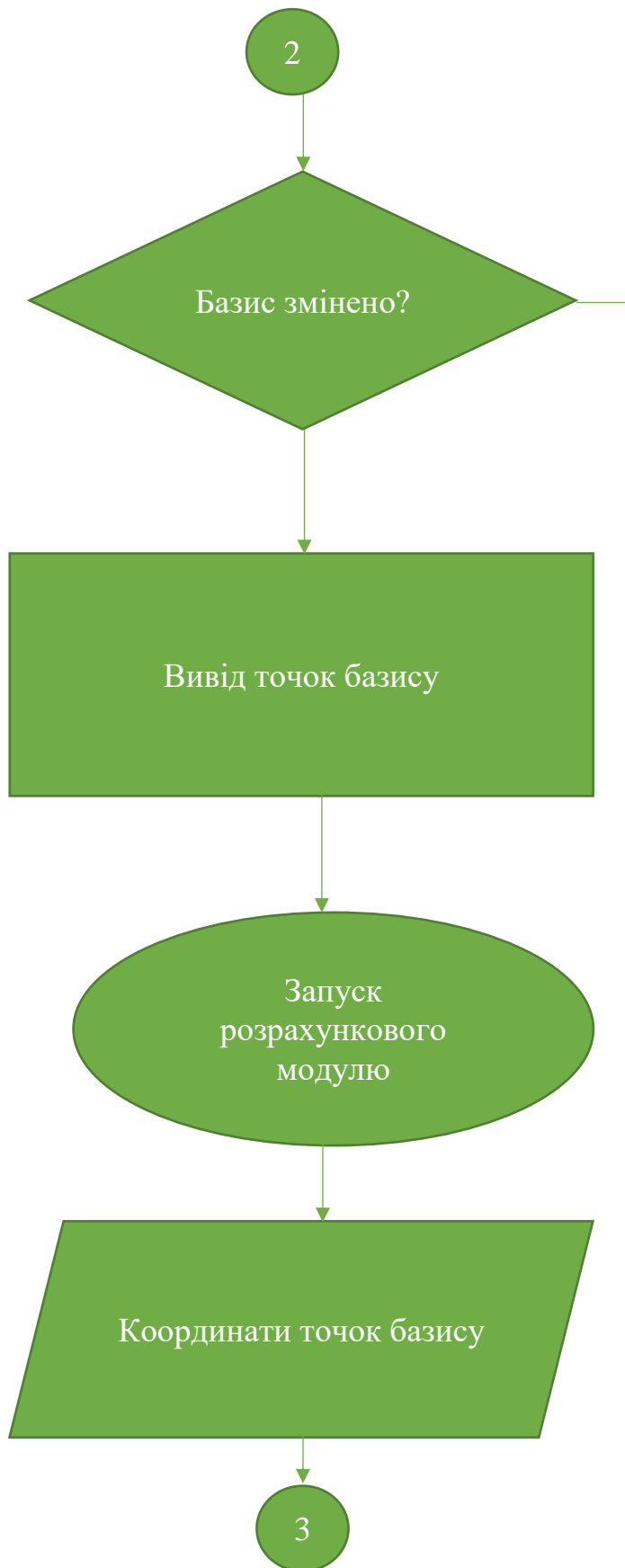
- вибір об'єкта. Користувач вибирає об'єкт, який необхідно деформувати;
- задання параметрів деформації. Користувач задає параметри деформації, які визначатимуть, як буде деформований об'єкт;
- відображення результатів деформації. Модуль візуалізації відображає результати деформації на екрані.



Продовження функціональної схеми:



Продовження функціональної схеми:



Продовження функціональної схеми:

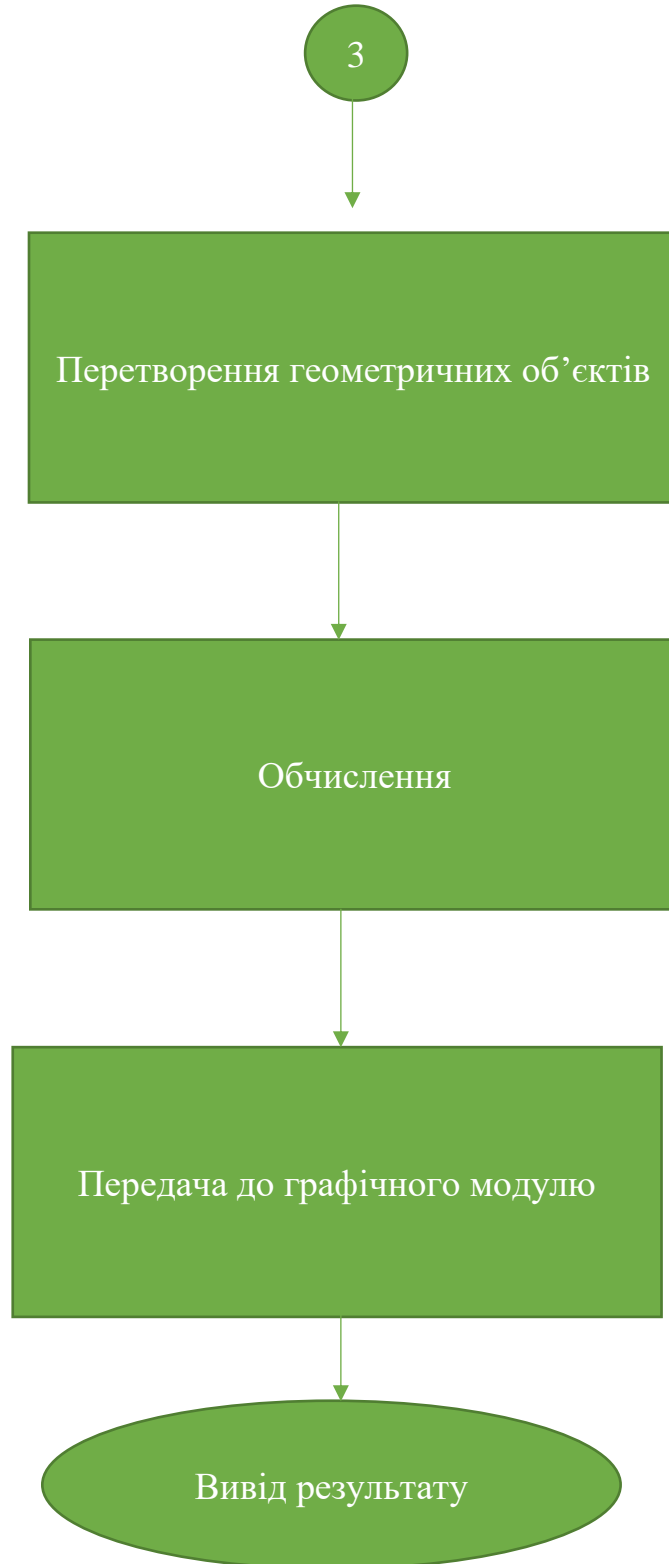


Рисунок 5.3 – Функціональна схема алгоритму програми

Рисунок 5.3 демонструє, як модулі системи деформаційного моделювання геометричних об'єктів взаємодіють один з одним.

Модульна розробка означає, що програма розділена на кілька модулів, які відповідають встановленим правилам. Ці правила забезпечують стандартизацію модулів і полегшують їх взаємодію.

5.5 Діаграма прецедентів

Діаграма прецедентів (Use case diagram) - це вид діаграми UML, який використовується для моделювання взаємодії між користувачами та системою. Діаграма прецедентів показує, які функції система повинна виконувати, щоб задовольнити потреби користувачів.

Діаграма прецедентів є важливим інструментом для моделювання вимог до системи. Вона допомагає зрозуміти, які функції система повинна виконувати, щоб задовольнити потреби користувачів.

Ця діаграма показує, що система повинна мати можливість для користувачів виконувати такі функції:

- вхід в систему;
- вихід з системи;
- пошук інформації;
- додавання інформації.

Актори "Користувач" і "Система" пов'язані з кожним прецедентом, що означає, що користувачі можуть використовувати систему для виконання цих функцій. Діаграму прецедентів рис. 5.4, яка відобразить нам відношення між акторами та прецедентами у системі.

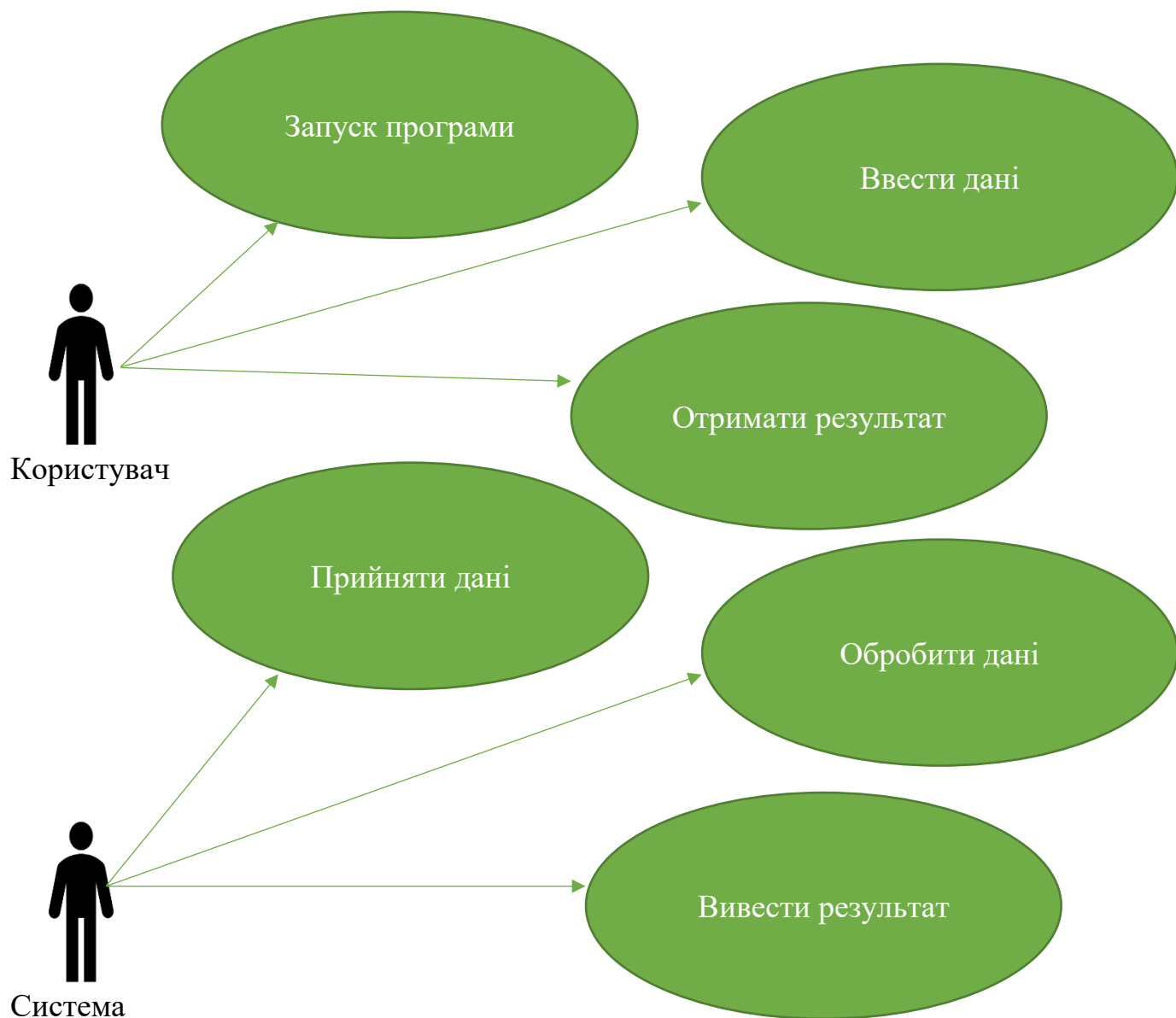


Рисунок 5.4 – Діаграма прецедентів

Отже, в цьому розділі детально розписано за графічний модуль, модуль візуалізації, розрахунковий модуль. Наведено діаграму прецедентів для кращого розуміння системи деформаційного моделювання геометричних об'єктів на основі політочкових перетворень.

6 ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ НЕЛІНІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ГРУПИ ОБ'ЄКТІВ

Під час виконання завдання було проаналізовано велику кількість технологій та мов програмування. Це було зроблено для того, щоб вибрати сукупність технологій, які будуть відповідати вимогам до простоти виконання і зручності у роботі.

У процесі аналізу було враховано такі фактори:

- простота освоєння. Технології повинні бути такими, щоб їх можна було швидко освоїти і почати використовувати;
- зручність використання. Технології повинні бути такими, щоб ними було легко і зручно користуватися;
- ефективність. Технології повинні бути такими, щоб вони дозволяли виконувати завдання швидко і ефективно.

На основі аналізу було обрано такі технології:

- мова програмування Python. Python є однією з найпростіших і найзручніших мов програмування. Вона має велику бібліотеку стандартних модулів, які дозволяють виконувати різні завдання;
- середовище розробки PyCharm. PyCharm є потужним і зручним середовищем розробки для Python. Воно має вбудовані інструменти для автодоповнення, перевірки коду та відстеження помилок;
- бібліотека Pygame. Pygame є бібліотекою для створення графічних інтерфейсів та ігор на Python. Вона має широкий набір функцій для роботи з графікою, звуком та управлінням.

Ці технології відповідають усім вимогам, які були поставлені перед ними. Вони дозволяють швидко і легко розробити програмну систему, яка буде простою у використанні і ефективною.

6.1 Мова програмування додатку

Python - це всебічна мова програмування, яка використовується для різних цілей, включаючи комп'ютерну графіку. Python має ряд переваг для комп'ютерної графіки, включаючи:

- простота освоєння: Python має простий синтаксис, який легко зрозуміти і освоїти. Це робить його хорошим вибором для початківців у комп'ютерній графіці;
- модульність: Python є модульною мовою, що дозволяє легко використовувати сторонні бібліотеки та інструменти. Це робить його хорошим вибором для розробки складних графічних програм;
- ефективність: Python може бути ефективним для реалізації графічних алгоритмів. Це робить його хорошим вибором для розробки програм, які вимагають високої продуктивності.

Одна з головних проблем створення складних цифрових сцен для візуалізації зображень полягає в тому, що описи моделей часто надходять із широкого спектру різних джерел, а вихідні дані потрібно налаштовувати для різного програмного забезпечення рендерингу залежно від вимог користувача. Таким чином, необхідно обробляти широкий спектр вхідних і вихідних форматів. Ці формати є результатом складних програм GUI для моделювання та анімації, форматів введення для пакетів рендерингу та мов спеціального призначення для фізично правильного опису сцени. Є багато аспектів, які слід враховувати. Одним із цих аспектів має бути можливість програмування формату опису. По суті, це означає формат, який генерує моделі. Гнучкості в основному можна досягти шляхом параметризації всіх аспектів моделі. Деякі системи опису сцен підтримують це дуже добре, а інші – ні.

Python використовується для різних завдань у комп'ютерній графіці, включаючи:

- створення 2D та 3D графічних об'єктів: Python можна використовувати для створення 2D та 3D графічних об'єктів, таких як точки, лінії, криві, поверхні та тіла;
- виконання графічних операцій: Python можна використовувати для виконання графічних операцій, таких як малювання, рендеринг, згладжування та анімація;
- розробка графічних інтерфейсів користувача (GUI): Python можна використовувати для розробки графічних інтерфейсів користувача (GUI).

Python, ймовірно, продовжуватиме зростати в популярності у комп'ютерній графіці. Це пов'язано з тим, що Python має ряд переваг, які роблять його хорошим вибором для цієї галузі.

Зростання популярності візуалізації даних: Візуалізація даних стає все більш важливою у різних галузях, включаючи бізнес, науку та медицину. Python є популярним вибором для створення візуалізацій даних. Зростання популярності машинного навчання: Машинное навчання використовується для створення нових графічних ефектів і технологій. Python є популярним вибором для розробки програм машинного навчання. Зростання популярності хмарних обчислень: Хмарні обчислення дозволяють розробникам легко створювати і запускати графічні програми. Python є популярним вибором для розробки програм, які працюють у хмарі. Це і спричиняє зростанню використання Python у комп'ютерній графіці.

Pygame, бібліотека Python для мультимедійного програмування, захопила як розробників, так і любителів. Його простота використання та широкі можливості роблять його ідеальною платформою для створення захоплюючих та інтерактивних програм, від простих 2D-ігор до складних наукових симуляцій. Давайте заглибимося у світ Pygame і дослідимо його потенціал для сприяння творчості та інновацій.

Однією з найяскравіших особливостей Pygame є його простота. Його інтуїтивно зрозумілий API дозволяє програмістам, навіть тим, хто має обмежений досвід, швидко розпочати свій творчий шлях. На відміну від інших ігрових движків, які вимагають складних конфігурацій і запутаного коду, Pygame пропонує приємне середовище, де

початківці можуть швидко досягнути основи та почати будувати власні інтерактивні світи. Ця доступність демократизувала розробку ігор, дозволяючи людям виражати своє художнє бачення та втілювати свої ідеї в реальний досвід.

Універсальність Pygame є ще одним атрибутом, який сприяє його популярності. Крім основних сильних сторін у розробці ігор, він дає можливість творцям заглиблюватися в різні сфери. Від створення навчальних інструментів та інтерактивного моделювання до візуалізації даних і оркестрування мультимедійного досвіду, Pygame діє як універсальний інструмент, який відкриває світ можливостей. Його здатність працювати з двовимірною та тривимірною графікою, а також звуком, музикою та пристроями введення розширює його потенціал за межі традиційних ігор, роблячи його цінним надбанням для художників, науковців і викладачів.

Спільнота навколо Pygame є ще одним ключовим фактором його успіху. Жвава мережа захоплених розробників та ентузіастів забезпечує сприятливе середовище для співпраці для навчання та обміну інформацією. Через форуми, навчальні посібники та онлайн-ресурси користувачі можуть отримати доступ до вичерпної документації, усунути проблеми та отримати натхнення від творінь інших. Цей дух співпраці сприяє розвитку почуття причетності та заохочує до постійного навчання, просуваючи екосистему Pygame вперед.

Вплив Pygame на світ програмування виходить далеко за межі його технічних можливостей. Він служить воротами для творчості, запалюючи іскру цікавості та вирішення проблем у людей будь-якого віку. Надаючи платформу для експериментів і створення відчутних додатків, Pygame створює відчуття досягнення та заохочує користувачів досліджувати свій потенціал. Він прищеплює такі цінні навички, як критичне мислення, аналітичне вирішення проблем і наполегливість, які є вирішальними не лише для програмістів, а й для людей із різних дисциплін.

Підсумовуючи, Pygame виходить за межі простої бібліотеки. Він втілює філософію доступності, універсальності та спільноти, що дає людям можливість творчо виражати себе та заглиблюватися у світ програмування. Його грайливий

характер і безмежні можливості демократизували розробку ігор і відкрили двері для інновацій у різних областях. Pygame є свідченням потужності технології надихати, навчати та розширювати можливості, залишаючи незгладимий слід у світі програмування та за його межами.

6.2 Середовище реалізації додатку

PyCharm, інтегроване середовище розробки (IDE) для Python, є свідченням гармонійного поєднання потужних функцій із зручним інтерфейсом. Подібно до того, як диригент керує оркестром для створення прекрасної музики, PyCharm дає змогу розробникам писати елегантний і ефективний код Python, проводячи їх через процес розробки за допомогою свого комплексного набору інструментів.

Однією з визначальних сильних сторін PyCharm є його непохитне прагнення до зручності користувача. Його інтуїтивно зрозумілий інтерфейс розроблений таким чином, щоб бути доступним для програмістів усіх рівнів кваліфікації, від досвідчених професіоналів до ентузіастів-початківців. Чіткий макет, організоване меню та контекстно-залежна інформація гарантують, що розробники можуть зосередитися на написанні коду, не загрузаючи в технічних складнощах.

Незважаючи на те, що зручність використання є першорядною, PyCharm не жертвує потужністю. Він може похвалитися надійним набором функцій, які задовольняють різноманітні потреби розробників Python. Від підсвічування синтаксису та завершення коду до розширених інструментів налагодження та інтегрованих платформ тестування, PyCharm забезпечує середовище, яке спрощує процес розробки та максимізує продуктивність.

Інтелектуальна підтримка коду є відмінною рисою PyCharm, що дозволяє розробникам писати чистіший і точніший код. Такі функції, як завершення коду, інтелектуальні пропозиції та перевірки з урахуванням контексту, допомагають

розробникам уникати помилок і писати код швидше. Крім того, можливості рефакторингу PyCharm дозволяють розробникам легко реструктурувати свій код, покращуючи його читабельність і зручність обслуговування.

Крім основної функціональності, PyCharm пропонує багату екосистему плагінів і розширень, що дозволяє розробникам адаптувати середовище до своїх конкретних потреб і вподобань. Ця обширна бібліотека дозволяє розробникам інтегрувати інструменти для контролю версій, керування базами даних, веб-розробки тощо, створюючи справді персоналізоване та продуктивне робоче середовище.

PyCharm також сприяє співпраці та спільноті. Його вбудовані функції для спільного використання коду та контролю версій спрощують безперебійну спільну роботу команд над проектами. Крім того, активна онлайн-спільнота PyCharm надає розробникам платформу для обміну порадами та хитрощами, навчання в інших програмістів і звернення за допомогою, коли це необхідно.

PyCharm виступає як яскравий приклад того, як потужність і зручність можуть співіснувати в ідеальній гармонії. Його інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, надійні функції, інтелектуальна підтримка коду та активна спільнота дають змогу розробникам Python усіх рівнів писати кращий код швидше. Від початківців, які роблять перші кроки у світі програмування, до досвідчених професіоналів, які створюють складні програми, PyCharm забезпечує ідеальне середовище для створення елегантного та ефективного коду Python, забезпечуючи справді симфонічний досвід розробки.

В цьому розділі наведено, якою мовою програмування було написано додаток, чому саме нею та описано також середовище реалізації додатку. Даний інструментарій підходить для виконання поставленої задачі.

7 РОБОТА КОРИСТУВАЧА З ПРОГРАМНОЮ СИСТЕМОЮ НЕЛІНІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

У цьому розділі наведено основні сценарії використання програми, а також інструктаж щодо виконання обов'язкових завдань. Крім того, він містить інформацію про вимоги до обладнання та програмного забезпечення для роботи з програмою.

Для того, щоб користуватися програмою, необхідно встановити середовище розробки PyCharm. Це середовище можна встановити на будь-якій операційній системі останньої версії. Запустити програму. Для цього необхідно відкрити файл програми в середовищі PyCharm і натиснути кнопку "Виконати". Імпортувати необхідні бібліотеки. Список бібліотек, які необхідно імпортувати, наведено в документації до програми.

У розділі також наведено докладні інструкції щодо виконання основних сценаріїв використання програми. Наприклад, у розділі описано, як:

- створити новий проект;
- додати нові компоненти до проекту;
- налаштувати поведінку програми;
- запустити програму та перевірити її роботу.

Цей розділ є важливим для всіх користувачів програми. Він допоможе вам зрозуміти, як користуватися програмою та виконати всі необхідні завдання.

Після запуску додатку, який візуалізує динаміку нелінійних перетворень групи геометричних об'єктів, відкриється діалогове вікно користувача, яке являє собою білу область, яка називається область моделювання, є центральною частиною вікна програми. Тут користувач може створювати та редагувати геометричні об'єкти.

Область моделювання має ряд характеристик, які впливають на її використання. Зокрема, вона має фіксовану ширину та висоту. Крім того, область малювання має масштаб.

Для того, щоб створити новий геометричний об'єкт, користувач може скористатися одним із інструментів моделювання, які розташовані на панелі інструментів. Після створення об'єкта його можна редагувати за допомогою інструментів редагування, які також розташовані на панелі інструментів.

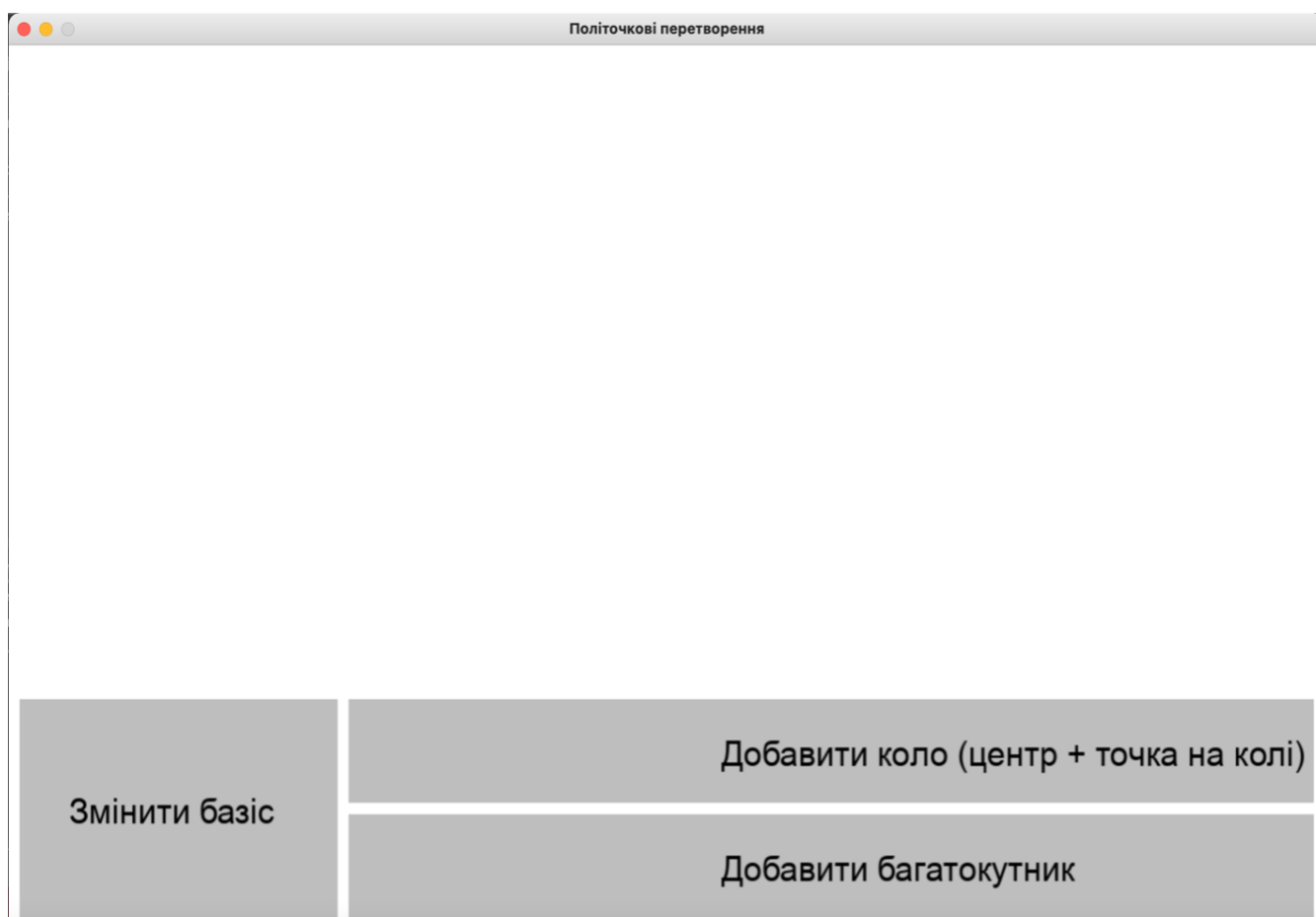


Рисунок 7.1 – Діалогове вікно користувача

Перед початком роботи користувач повинен визначити три точки базису, які будуть використовуватися для розташування групи геометричних об'єктів. Ці точки можна встановити в будь-якій точці робочого простору, натиснувши ліву кнопку миші.

Після того, як точки базису будуть встановлені, користувач зможе помістити групу геометричних об'єктів у будь-яку точку робочого простору, використовуючи ці точки як початкові координати. Точки базису використовуватимуться для деформації групи геометричних об'єктів.



Рисунок 7.2 – Розміщення точок базису

Рисунок 7.2 показує три точки базису, які були встановлені користувачем. Після встановлення точок базису користувач може побудувати групу геометричних об'єктів, які будуть занурені в базис.

Щоб побудувати коло, користувач повинен натиснути кнопку "Добавити коло" у меню. Потім він повинен натиснути ліву кнопку миші в точці, де він хоче розташувати центр кола. Після цього, переміщаючи мишу, користувач може

встановити розмір кола. Коли коло досягне потрібного розміру, користувач повинен натиснути праву кнопку миші, щоб завершити його побудову.

Щоб побудувати багатокутник, користувач повинен натиснути кнопку "Добавити багатокутник" у меню. Потім він повинен натиснути ліву кнопку миші в точці, де він хоче розташувати перший кут багатокутника. Після цього, продовжуючи натискати ліву кнопку миші, користувач може додавати інші кути багатокутника. Коли багатокутник досягне потрібного розміру, користувач повинен натиснути праву кнопку миші, щоб завершити його будівництво. Після кожного побудованого об'єкту необхідно натискати на кнопку, який необхідно побудувати ще.

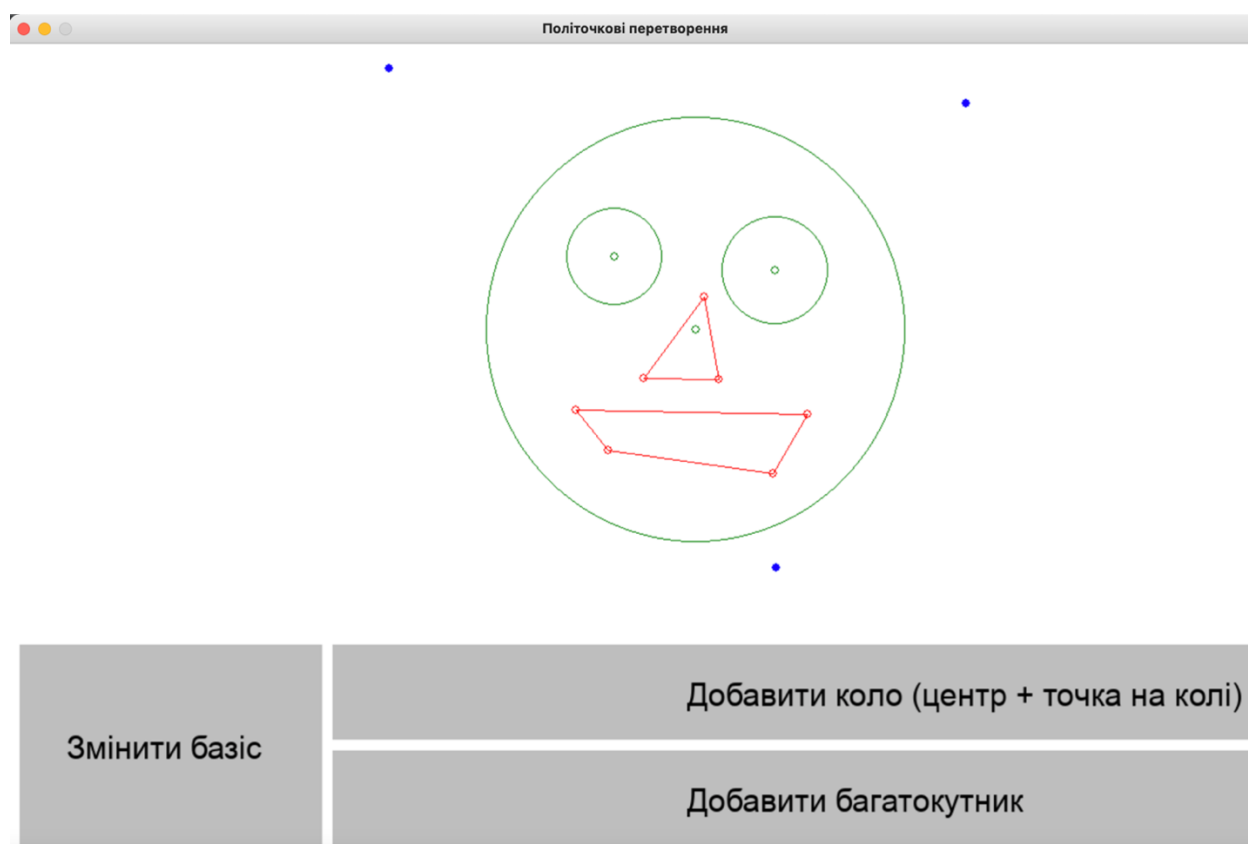


Рисунок 7.3 – Розміщення групи геометричних об'єктів

Якщо користувач хоче збільшити розмір фігур, він повинен перемістити одну з точок базису в бік від іншої точки базису. При цьому фігура буде розтягуватися в цьому напрямку.

Якщо користувач хоче зменшити розмір фігур, він повинен перемістити одну з точок базису в бік іншої точки базису. При цьому фігура буде стискатися в цьому напрямку.

Користувач може також деформувати фігур, переміщуючи кілька точок базису одночасно. Наприклад, якщо користувач хоче змінити форму фігур, він може перемістити кілька точок базису в різні напрямки.

Після кожної деформації попереднє зображення фігур залишиться. Таким чином, користувач може побачити, як деформація впливає на фігури.

Ця функція дозволяє користувачеві експериментувати з деформаціями, не побоюючись втратити початкове зображення фігур.

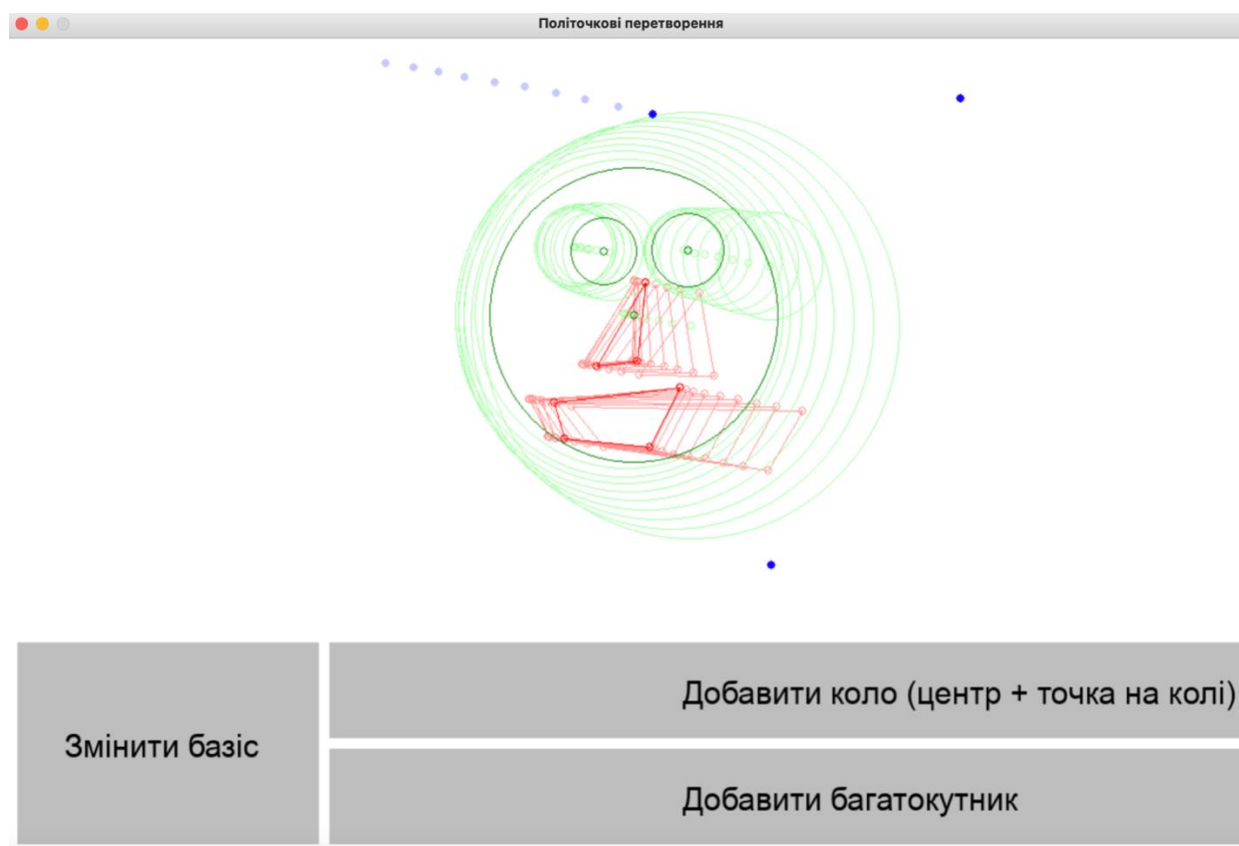


Рисунок 7.4 – Деформована група геометричних об'єктів

Рисунок 7.4 показує політочкове перетворення групи об'єктів: трьох кіл та двох трикутників, яке було виконано неодноразово. На цьому рисунку можна побачити, як

змінювалося початкове положення зображення з кінцевим. Користувач може керувати кроком деформації, тобто тим, наскільки сильно буде деформована фігура.

Також на рисунку 7.4 можна побачити, як поступово змінювався базис. Базис деформується разом з фігурою, оскільки він є її основою.

Далі продемонструємо різноманітні тестові приклади зображень, де можна спостерігати деформацію геометричних об'єктів за допомогою додатку.

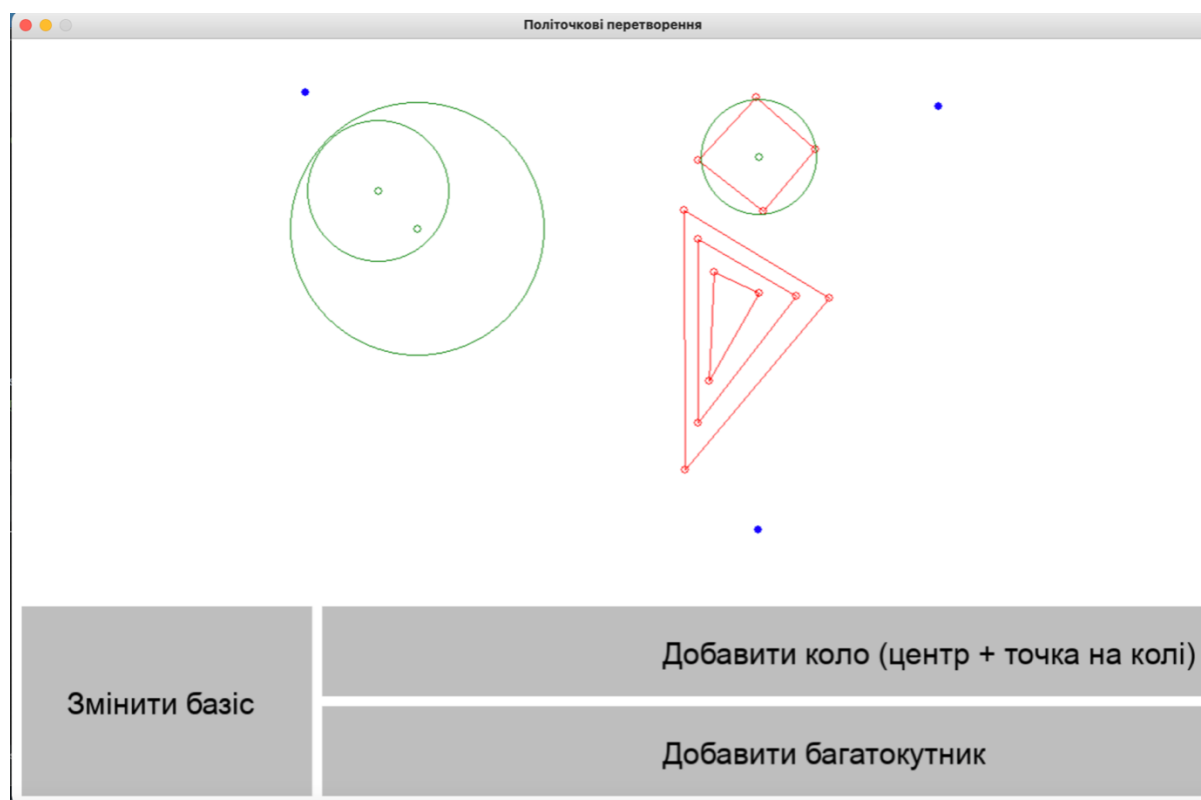


Рисунок 7.5 – Тестовий приклад побудови групи об'єктів

Користувач має можливість створювати будь-які об'єкти, які він хоче використовувати для створення складних деформацій. Групи об'єктів можуть бути використані для створення різних ефектів деформацій. Вони дають користувачам більше можливостей для творчості і дозволяють створювати більш реалістичні і складні деформації. Наприклад користувач може створювати складні деформації, які неможливо було б зробити з окремими об'єктами. Наприклад, користувач може

створити групу об'єктів, які представляють будівлю, і потім деформувати групу, щоб створити ефект землетрусу.

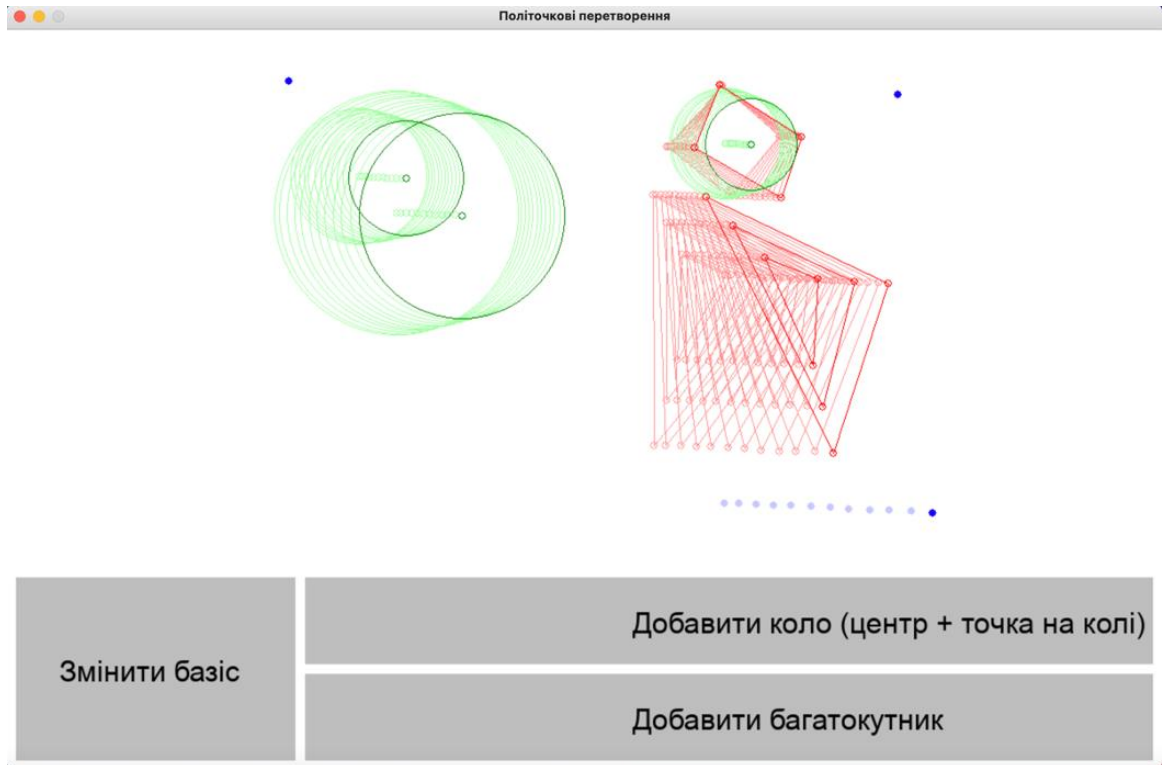


Рисунок 7.6 – Тестовий приклад деформованої групи об'єктів

На цьому скріншоті можна розділити об'єкти на три групи: два кола, коло з вписаним чотирикутником, та три трикутники.

Система дозволяє користувачеві виконувати такі дії:

- встановити три точки базису, які будуть використовуватися для розташування геометричних об'єктів;
- побудувати коло, багатокутник;
- деформувати геометричні об'єкти шляхом переміщення його точок.

Користувач може працювати з системою наступним чином:

- встановити три точки базису;
- побудувати геометричні об'єкти;

- деформувати геометричні об'єкти, переміщуючи їх точки;

В якості прикладів реалізації заданих функцій можна привести такі:

- встановлення точок базису здійснюється шляхом натискання лівої кнопки миші в потрібних точках робочого простору;
- побудова фігур здійснюється шляхом натискання лівої кнопки миші в точці, де буде розташовуватися центр, а потім переміщенням миші в потрібному напрямку;
- деформація геометричних об'єктів здійснюється шляхом натискання лівої кнопки миші на одну з точок базису і переміщенням її в потрібному напрямку.

Ось один з можливих сценаріїв роботи з системою:

- користувач встановлює три точки базису;
- користувач будує фігуру;
- користувач деформує фігуру шляхом переміщення його точок.

Візуалізація динаміки політочкових перетворень дозволяє користувачеві спостерігати за тим, як змінюється геометричний об'єкт при його деформації.

На основі проведених тестів можна зробити висновок, що розроблена система задовольняє поставлені вимоги. Система дозволяє користувачеві генерувати різноманітні геометричні фігури, а також деформувати їх у довільний спосіб.

Цей розділ демонструє в деталях як користувач може взаємодіяти з системою візуалізації динаміки нелінійних перетворень групи об'єктів.

8 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Основною ідеєю створення стартап-проекту є реалізація програмної системи, яка демонструватиме процес деформації, а точніше процес нелінійного перетворення групи геометричних об'єктів методом політочкових перетворень. Додаток дає можливість спостерігати поетапно за кожним кроком геометричного перетворення фігур, що в результаті дасть зображення деформації групи об'єктів. Ідея стартап-проекту додатку геометричного моделювання полягає в створенні нового програмного продукту, який буде відрізнятися від існуючих аналогів.

Аналіз ідеї наведено у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Опис ідеї

Ідея	Застосування	Вигода
Створення системи візуалізації динаміки нелінійного перетворення групи об'єктів	<p>Наукові дослідження:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дослідження динаміки нелінійних систем • Дослідження деформацій об'єктів • Дослідження руху тіл 	<p>Дозволяє краще зрозуміти, як складні системи та процеси поведуться в часі та просторі. Науковці можуть використовувати додаток для дослідження динаміки нелінійних систем, таких як потоки рідини, хвилі, рух твердих тіл тощо. Додаток може допомогти їм зрозуміти, як ці системи поведуться в часі та просторі.</p>

Кінець таблиці 8.1

	<p>Інженерна практика:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Проектування нових виробів • Аналіз деформацій конструкцій • Розробка методів управління рухом 	<p>Може допомогти користувачам швидше та ефективніше виконувати завдання. Можуть використовувати додаток для проектування нових виробів, таких як автомобілі, мости, будівлі тощо. Додаток може допомогти їм оцінити, як ці вироби будуть поводитися під навантаженням.</p>
	<p>Дизайн:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Створення нових форм та текстур • Візуалізація динаміки руху об'єктів 	<p>Може допомогти користувачам уникнути помилок і витрат, пов'язаних з неправильним розумінням складних систем та процесів. Можуть використовувати додаток для створення нових форм та текстур. Додаток може допомогти їм візуалізувати, як ці форми та текстури будуть виглядати в русі.</p>
	<p>Освіта:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Навчання динаміки нелінійних систем • Навчання проектування 	<p>Допоможе краще зрозуміти системи та процеси деформації. Можуть використовувати додаток для навчання динаміки нелінійних систем, проектування конструкцій та візуалізації. Додаток може допомогти їм зробити навчання більш цікавим та інформативним.</p>

Таблиця 8.2 – Наявність необхідних технологій для створення додатку.

Ідея проекту	Технології	Наявність технологій	Доступність технологій
Створення системи візуалізації динаміки нелінійного перетворення групи об'єктів	Середовище розробки PyCharm	+	Безкоштовно
	Мова програмування Python -	+	Безкоштовно
	Бібліотека PyGame	+	Безкоштовно

Обрані технології є досить актуальним у графічному моделюванні. Допомагають розробнику реалізовувати всі ідеї і виконувати задачі. У нашому випадку це візуалізація деформацій об'єктів та аналіз динаміки нелінійних перетворень.

План оновлення представлений у таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – План оновлення

№	Запитання	Відповідь
1	2	3
1	На які системи продукт впливає?	Системи комп'ютерної графіки. Додаток може використовуватися для створення візуалізації складних систем, таких як потоки рідини, рух твердих тіл тощо. Ця візуалізація може бути використана для навчання, досліджень або розваг.

Продовження таблиці 8.3

2	Як продукт може задовольнити потреби надсистеми?	Візуалізація може допомогти користувачам краще зрозуміти поведінку групи об'єктів під час перетворень. Це може бути корисно для навчання, досліджень або управління. Візуалізація може допомогти користувачам аналізувати дані про групу об'єктів. Це може бути корисно для прогнозування поведінки групи об'єктів або для виявлення проблем. Візуалізація може допомогти користувачам взаємодіяти з групою об'єктів. Це може бути корисно для управління групою об'єктів або для створення нових продуктів або послуг.
3	Чи можна об'єднати кілька функцій продукту в одну?	Щоб кінцевий продукт був комфортним та ефективним у використанні, всі його елементи необхідно зберігати в одному місці. Це дозволить користувачам економити час та зусилля при пошуку потрібних елементів, а також може покращити продуктивність обчислювальних процесів.

Кінець таблиці 8.3

4	Які характеристики повинен мати продукт, щоб максимально задовольнити потреби користувачів?	Додаток може мати простий і зрозумілий інтерфейс, який не вимагає від користувачів спеціальних технічних знань. Додаток може використовувати оптимізовані алгоритми візуалізації, які дозволять швидко виконувати візуалізації навіть для великих груп об'єктів. Додаток може використовувати сучасні методи комп'ютерної графіки.
5	Які наслідки матиме вилучення цього продукту?	Його вилучення може призвести до зниження ефективності навчання, до зниження ефективності досліджень.
6	Яка була історія цього продукту?	Додаток деформував тільки по одному геометричному об'єкту.
7	Як можна зараз розвинути ці функції?	Додаток можна зробити більш гнучким, додавши можливість налаштування візуалізації відповідно до потреб користувачів. Інтеграція з іншими системами. Це може бути корисно для автоматизації завдань або для спільного використання даних.

Розробка подібних програмних застосунків є важливою, оскільки вона може покращити процеси розробки програмних продуктів і полегшити роботу розробникам. Тому є доцільною розробка даної системи.

Визначення ринкових можливостей і небезпек дозволяє спланувати шляхи розвитку проекту з урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних

клієнтів і пропозицій конкурентів. Після того, як визначені потенційні групи клієнтів, проводиться аналіз ринкового середовища. Для цього складаються таблиці факторів, які сприяють ринковому впровадженню проекту, і факторів, які йому перешкоджають.

Таблиця 8.4 – Чинники загроз

Чинник	Зміст загрози	Реакція компанії
Прихід конкурентів	<p>Прихід конкурентів, які можуть запропонувати більш якісний продукт, є однією з основних небезпек для будь-якого бізнесу. Це пов'язано з тим, що споживачі, як правило, віддають перевагу продуктам вищої якості, навіть якщо вони дорожчі.</p>	
Розвиток ринку	<p>На ринку програмних застосунків, які покращують процеси розробки програмних продуктів, постійно відбуваються зміни. Конкуренти постійно вдосконалюють свої продукти, щоб запропонувати споживачам більш якісні та доступні рішення.</p> <p>Одна з можливих ситуацій, яка може призвести до втрати конкурентоспроможності, це поява більш досконалої програмної системи</p>	

Кінець таблиці 8.4

Зниження авторитету	На ринку програмних застосунків, які покращують процеси розробки програмних продуктів, постійно відбуваються зміни. Конкуренти постійно намагаються завоювати більший попит на свої продукти, пропонуючи споживачам нові функції, знижки та інші переваги.	
Економічне погіршення	Економічні фактори можуть впливати на попит на товар компанії. Наприклад, якщо доходи населення зменшуються, то люди стають менш схильними до витрат. Це може призвести до зниження попиту на товари та послуги, в тому числі і на товар компанії.	

У зв'язку з великою потребою в розробці подібних програмних продуктів, які покращують процеси розробки та полегшують роботу розробникам, доцільно розробляти цю систему.

Аналіз ринкових можливостей та небезпек дозволяє спланувати розвиток проекту з урахуванням стану ринку, потреб потенційних клієнтів та пропозицій конкурентів. Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища. Для цього складаються таблиці факторів, які сприяють і перешкоджають впровадженню проекту.

Таблиця 8.5 - Ситуаційні фактори, які сприяють досягненню успіху.

Фактори	Загрози	Реакція
Невеликий рівень конкуренції	<p>Ситуація на ринку програмного забезпечення для розробки програмних продуктів на даний момент є досить сприятливою для нової компанії. Кількість конкурентів на ринку незначна, а їхні продукти в переважній більшості гірші або вузько спеціалізовані.</p> <p>Це означає, що у нової компанії є реальні шанси на успіх, якщо вона зможе запропонувати якісні продукти та послуги, які відповідають потребам ринку.</p>	Розповсюдження продукту та розвиток його можливостей - це два ключових які допоможуть досягти успіху на ринку
Сприятливі ринкові тенденції	<p>ІТ-ринок характеризується високою конкуренцією та швидким розвитком. Компанії, які хочуть залишатися конкурентоспроможними, повинні постійно впроваджувати інновації та нові технології.</p>	Розповсюдження продукту та розвиток його можливостей

Кінець таблиці 8.5

Способність створити позитивну репутацію	Має всі шанси створити позитивний імідж і завоювати довіру споживачів. Це пов'язано з тим, що немає негативного досвіду або відгуків, які могли б зашкодити її репутації.	Пошук замовників для створеного продукту, розширення бази замовників та затвердження себе як надійної компанії на вигідних умовах співпраці
--	--	---

Таблиця 8.6 – Характеристика клієнтів стартап-проекту.

№	Необхідність	Поведінка цільових груп	Вимоги	Цільова аудиторія
1	Додаток геометричного моделювання	Сфера діяльності та сфера застосування	Актуальність, точність	Інженери, дизайнери, учні, викладачі
2	Інтуїтивний, зрозумілий інтерфейс	Сфера діяльності та сфера застосування	Актуальність, точність	Інженери, дизайнери, учні, викладачі

Після визначення потенційних клієнтів проводиться аналіз пропозиції. Цей аналіз дозволяє оцінити загальний стан конкуренції на ринку, визначити тип можливої майбутньої конкуренції та її інтенсивність, а також рівень конкурентоспроможності компанії за рівнем конкурентної боротьби, галузевою ознакою і видами товарів.

Таблиця 8.7 – Аналіз конкуренції на ринку

Винятки середовища конкурентів	Характеристика	Вплив
Тип конкуренції	Чиста конкурентоспроможність компанії - це її здатність задовольняти потреби споживачів краще, ніж конкуренти, за однакової ціни або за нижчою ціною.	Покращення продукту за допомогою зниження ціни та підвищення якості - це стратегія, яка дозволяє компанії запропонувати споживачам більше цінності за меншу ціну.
За рівнем конкурентної боротьби	Локальна конкуренція на вітчизняному ринку - це конкуренція між компаніями, які працюють на одному локальному ринку.	Компанія є єдиним гравцем на ринку, тому вона має можливість встановлювати власні ціни і створювати клієнтську базу. У перспективі компанія планує вийти на міжнародний ринок.
За галузевою ознакою	Внутрішньогалузева конкуренція є одним із основних факторів, які впливають на успіх компанії в галузі. Чим більшою є внутрішньогалузева конкуренція.	Компанія не має можливості і сенсу поширювати функціонал свого продукту на інші сфери діяльності, крім ІТ-сфери. Однак, існує багато варіантів для розвитку продукту всередині ІТ-сфери.

Продовження таблиці 8.7

<p>Конкуренція за видами товарів</p>	<p>Створений товар може мати конкурентів, які пропонують аналогічний товар. Ці конкуренти можуть бути як вітчизняними, так і іноземними. Вони можуть пропонувати аналогічні товари за подібними цінами або за різними цінами, з різними характеристиками та функціями.</p>	<p>Компанія планує розширити функціонал свого продукту і встановити його безкоштовно в інститутах, щоб популяризувати свій підхід. Їй необхідно буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рекламувати переваги свого продукту, наприклад, його унікальні функції. • Ставити конкурентоспроможні ціни, щоб бути привабливою для споживачів інших країн. • Доводити свою надійність, щоб завоювати довіру споживачів.
--------------------------------------	--	---

Кінець таблиці 8.7

<p>За перевагами конкурентів</p>	<p>Цінова політика - це комплекс заходів, які спрямовані на визначення ціни товару або послуги. Ціна - це один з найважливіших факторів, який впливає на успіх компанії.</p>	<p>Компанія може підвищити ціни на нові розробки, щоб компенсувати витрати на їх створення та отримати більший прибуток. Однак, щоб не втратити конкурентоспроможність, компанія може знизити ціни на старі версії продукту. Це допоможе заохотити покупців до переходу на нові розробки.</p>
<p>За інтенсивністю</p>	<p>Марочна продукція може мати конкурентів, які пропонують аналогічні товари або послуги. Ці конкуренти можуть бути як вітчизняними, так і іноземними. Вони можуть пропонувати аналогічні товари за подібними цінами або за різними цінами, з різними характеристиками та функціями.</p>	<p>На локальному ринку компанія не має конкурентів, але при виході на міжнародний ринок їй необхідно буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рекламувати переваги свого продукту, наприклад, його унікальні функції. • Ставити конкурентоспроможні ціни, щоб бути привабливою для споживачів інших країн. • Доводити свою надійність, щоб завоювати довіру споживачів.

Аналіз конкуренції є важливим етапом маркетингового дослідження. Він дозволяє компанії оцінити конкурентне середовище, в якому вона діє, і визначити свої конкурентні переваги.

Після проведення загального аналізу конкуренції компанія може перейти до більш детального аналізу умов конкуренції в галузі. Цей аналіз проводиться за моделлю п'яти сил М. Портера, яка вирізняє п'ять основних факторів, що впливають на привабливість вибору ринку з огляду на характер конкуренції:

Конкуренти, що вже є в галузі визначає ступінь конкуренції в галузі. Якщо в галузі багато конкурентів, то конкуренція буде високою, а прибутковість галузі буде низькою. Якщо в галузі мало конкурентів, то конкуренція буде низькою, а прибутковість галузі буде високою.

Потенційні конкуренти визначає ймовірність появи нових конкурентів у галузі. Якщо для виходу на ринок не потрібні значні інвестиції або інші перешкоди, то ймовірність появи нових конкурентів буде високою. Якщо для виходу на ринок потрібні значні інвестиції або інші перешкоди, то ймовірність появи нових конкурентів буде низькою.

Наявність товарів-замінників визначає ступінь загрози з боку товарів-замінників. Якщо існують товари-замінники, які можуть задовольнити потреби споживачів, то конкуренція в галузі буде високою. Якщо товарів-замінників немає, то конкуренція в галузі буде низькою.

Постачальники, що конкурують за ринкову владу визначає ступінь впливу постачальників на ціни і прибутковість компанії. Якщо постачальники мають сильну ринкову владу, то вони можуть диктувати свої умови компаніям. Якщо постачальники мають слабку ринкову владу, то компанія може мати більшу свободу у визначенні цін і прибутковості.

Споживачі, що конкурують за ринкову владу визначає ступінь впливу споживачів на ціни і прибутковість компанії. Якщо споживачі мають сильну ринкову владу, то вони можуть диктувати свої умови компаніям. Якщо споживачі мають

слабку ринкову владу, то компанія може мати більшу свободу у визначенні цін і прибутковості.

Аналіз умов конкуренції в галузі дозволяє компанії оцінити ступінь конкурентного тиску в галузі і визначити свої конкурентні переваги. Цей аналіз є важливим інструментом для розробки маркетингової стратегії компанії.

Таблиця 8.8 – Аналіз конкуренції за М.Портером

Складові галузі	Прямі конкуренти	Потенційні конкуренти	Клієнти	Товари-замінники
	Компанії, які розробляють аналогічні системи	Компанія пропонує високоякісні продукти за доступними цінами	Кількість клієнтів є більш важливим показником успіху компанії, ніж тривалість співпраці з ними. Клієнтська база є необхідною умовою для успіху компанії, тому важливо розробляти.	Відсутні

Кінець таблиці 8.8

Висновки	Конкурентна боротьба з боку прямих конкурентів не є сильною	Компанія має всі необхідні ресурси та умови для виходу на ринок. Наразі немає інших компаній, які пропонують аналогічні продукти або послуги. Компанія може вийти на ринок протягом одного дня.	Клієнтська база є необхідною умовою для успіху компанії, тому важливо розробляти ефективні маркетингові стратегії для залучення споживачів.	Немає обмежень
----------	---	---	---	----------------

Таблиця 8.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№	Фактор	Обґрунтування
1	Математична база	Застосування найновіших методологій розрахунку з урахуванням особливостей різноманітних процесів
2	Актуальність даних	Залежно від характеру процесів та специфіки бажаного результату

Кінець таблиці 8.9

3	Унікальність користувачького інтерфейсу	<p>На ринку програмних продуктів дуже мало компаній випускають зручний та зрозумілий у використанні інтерфейс. Це означає, що користувачам часто доводиться витратити багато часу та зусиль на вивчення того, як користуватися програмою. Це може ускладнити інтеграцію програмного продукту в робочий процес.</p> <p>Існує кілька причин, чому так мало компаній випускають зручні інтерфейси. Однією з причин є те, що це може бути складним і дорогим завданням. Іншою причиною є те, що багато компаній вважають, що їхні користувачі готові витратити час на вивчення того, як користуватися програмою.</p>
---	---	--

Розроблений програмний продукт має ряд переваг перед існуючими конкурентами, що робить його конкурентоспроможним на ринку. Серед них:

- Більш широкий спектр можливостей моделювання. Програма дозволяє моделювати різні групи геометричних об'єктів. Це дозволяє користувачам отримувати більш точну картину потенційного впливу лісових пожеж.
- Більш зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Програма має зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє користувачам легко та швидко отримувати необхідну інформацію. Це важливо для користувачів з різним рівнем підготовки.

Програма має потенціал для подальшого розвитку. Розробники планують додати до програми наступні можливості:

Даний розділ демонструє, що розроблений програмний продукт має ряд переваг, які роблять його конкурентоспроможним на ринку. Стан та динаміка ринкового середовища також є сприятливими для впровадження розробленої системи. Це означає, що розроблена програма має потенціал для успіху на ринку.

ВИСНОВКИ

Програмне забезпечення, створене за темою дипломної роботи, надає можливість візуалізації динаміки нелінійних перетворень геометричних об'єктів. Система дозволяє будувати геометричні об'єкти (один або декілька) та відстежувати їх деформації.

Дослідження систем моделювання показало, що існує потреба в додатку, який би дозволяв досліджувати і відстежувати процес динаміки перетворень геометричних об'єктів.

У порівнянні з існуючими аналогами створена система має ряд переваг:

- зручність у використанні;
- невисока вимогливість до пам'яті;
- повна відповідність поставленій задачі.

Недоліком системи є відсутність можливості візуалізації деформацій геометричних об'єктів у тривимірному просторі.

Змодельований інтерфейс системи допомагає користувачеві у роботі з програмою. Він дозволяє легко створювати геометричні об'єкти, а також змінювати їх параметри.

Створена система може бути використана як основа для вивчення нелінійних геометричних перетворень у багатьох інформаційних сферах. У подальшому її можна розширити, додавши можливість візуалізації деформацій геометричних об'єктів у тривимірному просторі, а також можливість генерування різних видів візуалізації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аушева Н.М., Бадаєв Ю.І., Сліпченко В.Г., Сидоренко Ю.В. Геометричне моделювання екологічних процесів забруднення // Моніторинг та прогнозування генетичного ризику в Україні. За загальною редакцією д.т.н., проф. В.Г. Сліпченка.-К.:НТУУ «КПІ», Інститут «АПРОДОС», 1998. с.324.
2. Бадаєв Ю.І. Реалізація інтерполяційного методу Гаусс-функції та порівняльний аналіз [Текст] / Ю.І. Бадаєв, Ю.В. Сидоренко // Прикладна геометрія та інженерна графіка — К.:КДТУБА, 1998, вип.63— С.33-37.
3. Бадаєв Ю. І. Реалізація інтерполяційного методу Гаусс-функції та порівняльний аналіз / Ю. І. Бадаєв, Ю. В. Сидоренко. Прикладна геометрія та інженерна графіка. — К.:КДТУБА, 1998. — 27 с.
4. Бадаєв Ю.І., Дорошенко Ю.О. Теоретичні основи політканинних перетворень // Сборник трудов I международной научно-практической конференции "Современные проблемы геометрического моделирования" :Тезисы докл. - г.Мелитополь: ТГАТА, 1995 - с.13-14.
5. Бадаєв Ю.І. Интерполяция на основе функций Гаусса [Текст] / Ю.І. Бадаєв, Ю.В. Сидоренко // Сборник трудов III международной научно-практической конференции "Современные проблемы геометрического моделирования": Тезисы докл. — Мелитополь, 5-7 июня 1996 г. — С.32-33.
6. Ванін В.В., Залевська О.В., Сидоренко Ю.В., Войтович А.В. Аналіз методів моделювання розповсюдження звуку у хвилеводі. Сучасні проблеми моделювання. 2021. Вип.21. С.7-12.
7. Дорошенко Ю.О. Політканинні відповідності плоских точкових полів// Прикл. геометрия и инж. графика. — К.: КГТУСА, 1996. — Вып. 59. — С. 85-88.
8. Дорошенко Ю.О. Особливості алгоритмізації політканинних перетворень плоских точкових об'єктів // Международная научно-практ. конф.

- «Современные проблемы геометрического моделирования»: Тез. докл.- Мелітополь: ТГААТА, 1995. - С.125-1126.
9. Дорошенко Ю.О. Реконструкція координатних базисів політканинних перетворень// Прикл. геометрія та інж. графіка. — К.: КДТУБА, 1997. — Вип. 62. — С. 97-102.
 10. Сидоренко Ю.В. Вагові політочкові перетворення при моделюванні можливих результатів пластичної хірургії/ Ю.В.Сидоренко, О. В. Шалденко // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького - Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2019. – Вип.15. – С. 151-161.
 11. Sydorenko Iu. Analysis of existing software for the controlling of water obligation / Iu. V. Sydorenko, O.V. Kryvda// Modern science for new industries: Collection of scientific papers of the Chinese Ukrainian International Symposium on Innovation and Technology II 2019, 25 June.2019- Part 2. Igor Sikorsky KPI expert papers. – Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2019. – p. 93-98.
 12. Сидоренко Ю.В. До питання стійкості чисельних методів математичної моделі динамічної системи / Ю.В.Сидоренко, В.В. Ванін, О.В. Залевська // Прикладна геометрія та інженерна графіка — К.:КДТУБА, 2020, вип.98 — С.35-43.
 13. Сидоренко Ю.В. Візуалізація об’єктів політочкових перетворень за допомогою інтерполяційної функції Гауса /Ю.В.Сидоренко, О. В. Шалденко // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць.- Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2020.- Вип.17.-С.108- 114.
 14. Сидоренко Ю.В., Красін В.К. Підсистема динаміки нелінійного перетворення групи об’єктів. Сталий розвиток — XXI століття. Дискусії 2023: колективна монографія / Національний університет “Киево-Могилянська академія” / за ред. проф. Хлобистова Є.В. — Київ, 2023. — 304 с. — Електронне видання.
 15. Мова програмування Python для інженерів і науковців: Навчальний посібник. Ivano-Frankivsk, Ukraine : ІФНТУНГ, 2019. 275 с.

16. Sydorenko Yu. V., Horodetskyi M.V. Modification of the algorithm for selecting a variable parameter of the Gaussian interpolation function. *Control Systems and Computers*, 2020, Issue 6 (290), pp. 21-28.
17. Кривда О. В., Сидоренко Ю.В. Управління виробничим підприємством за допомогою комп'ютерної підтримки. *Economy digitalization in a pandemic conditions: processes, strategies, technologies: International scientific conference (January 22-23, 2021. Kielce, Poland)*. Rida, Latvia: "Baltija Publishing", 2021. P. 107-112..

ДОДАТКИ

Додаток А. Тези на науково-практичну конференцію

Національний університет “Києво-Могилянська академія”



СТАЛИЙ РОЗВИТОК — ХХІ СТОЛІТТЯ

Дискусії 2023

Колективна монографія

Київ, Україна 2023

Інформаційні технології в системі забезпечення сталого розвитку

ПІДСИСТЕМА ДИНАМІКИ НЕЛІНІЙНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ГРУПИ ОБ'ЄКТІВ

Сидоренко Юлія Всеволодівна

Кандидат технічних наук, доцент

Україна, м. Київ, Національний технічний університет України “КПІ ім. Ігоря Сікорського”, (проспект Перемоги, 37, Київ, 03056)

Доцент

Контакт. тел.: 097-954-16-32

Адреса для висилання матеріалів конференції:

Сидоренко Ю.В., вул. Машинобудівна, буд. 27, кв.72, м. Київ, 03067, Україна

E-mail: suliko3@ukr.net

Красін Владислав Костянтинівич

Студент групи ТР-22мп

Україна, м. Київ, Національний технічний університет України “КПІ ім. Ігоря Сікорського (проспект Перемоги, 37, Київ, 03056)

Студент

Контакт. тел.: 098-116-96-07

Адреса для висилання матеріалів конференції:

Красін В.К., вул. Лісна, буд. 12, кв.47, смт Рокитне, 09601, Україна

E-mail: krasin.vld@gmail.com

Останнім часом можна спостерігати комп'ютерну графіку, що була, є, і буде однією з найбільш популярних та цікавих ІТ – технологій. Оскільки розвиток суспільства стрімко набирає оберти, з'являються нові програмні продукти, нові стандарти, нові ідеї. Геометричне моделювання застосовується у багатьох сферах для розв'язання різноманітних задач, саме тому і є одним із пріоритетних напрямків наукових досліджень. Проте через швидкий розвиток з'являються ідеї для більш досконалого програмного забезпечення, адже потреби користувачів зростають, щоб нові програмні продукти були зручними і простими в користуванні, передбачуваними, мали можливість детального відстеження необхідних процесів.

Для створення комп'ютерних моделей геометричних об'єктів використовують різні математичні способи і методи. Методи деформаційного моделювання геометричних об'єктів демонструють необхідність їх застосування в багатьох сферах людського життя [1]. Проте через швидкий розвиток з'являються ідеї для більш досконалого програмного забезпечення, адже потреби користувачів зростають, щоб нові програмні продукти були зручними і простими в користуванні, передбачуваними, мали можливість детального відстеження необхідних процесів.

Є велика кількість методів деформації, завдяки яким можна змінювати геометричні об'єкти. Ці методи ділять на дві частини: фізична та геометрична

деформація. Геометричні деформації досить популярні для втілення у програмному забезпеченні. Тому і з'явилась ідея написання програмного продукту в області деформаційного моделювання об'єктів на основі перетворень групи об'єктів. Завдяки методам деформаційного моделювання можна відображати процеси деформації з об'єктами без опису через визначення параметрів динамічної деформації. Ефективність процесу перетворення істотно залежить від точності роботи алгоритму зі знаходження координат точок зміненого об'єкта.

Теоретичних матеріалів замало для детального вивчення, тому необхідна практична реалізація, де користувач з інтересом проаналізує ті чи інші приклади, які допоможуть у майбутньому.

Програмний продукт має весь необхідний функціонал, зручний інтерфейс, повністю відповідатиме поставленій задачі, і задовольнить всі потреби користувача у вивченні даної теми, надає можливість зорового відстеження користувачем цих перетворень, які є інтуїтивно зрозумілими. Це допоможе поліпшити сприйняття, де практично можна буде застосовувати геометричні перетворення для подальшого їх використання і дослідження. Вони дають змогу в реальному часі отримувати результати моделювання і реагувати на них, а саме зафіксувати геометричну групу об'єктів до і після перетворення. Також завдяки відслідковуванню динаміки можна отримати зображення поступової деформації групи об'єктів.

Підсистема деформаційного моделювання геометричних об'єктів включає в себе графічний модуль, модуль розрахунку і модуль візуалізації. У свою чергу, графічний модуль відповідає за вхідні та вихідні параметри. У модулі розрахунку обчислюються математичні формули перетворень. Модуль візуалізації відповідає за створення наочних відображень одержаних результатів.

Графічний модуль слугує для забезпечення керуванням вхідними даними, тобто обробки введеної інформації. Користувач взаємодіє з робочим тілом програми, що є абсолютно зрозумілою; введені ним дані використовуються для подальшого розрахунку. Модуль візуалізації забезпечує відображення на екрані результатів роботи програми, і являє собою сцену, де відбуватиметься весь процес деформацій. Основну частину системи виконує розрахунковий модуль, який містить функції обробки вхідних даних. Розрахунковий модуль містить реалізацію математичного апарату перетворень. Графічний модуль у даному випадку виконує обробку запитів і відтворює їх на екрані. Одна з головних функцій модулю перетворень це приймати на себе всі обчислення, оброблювати дані, щоб виконати реалізацію перетворень геометричного об'єкта. Головним аспектом у інтерфейсі повинна бути простота і зручність, щоб користувач вільно користувався додатком. Схему підсистеми деформаційного моделювання можна побачити на рисунку 1.



Рис. 1. Функціональна схема підсистеми деформаційного моделювання

Для запуску програми необхідно встановити середовище реалізації PyCharm і запустити файл, оскільки програма розроблена за допомогою мови програмування Python. Ще для запуску даної програми необхідно імпортувати ряд бібліотек.

Після запуску програми відкриється діалогове вікно як на рисунку 2:

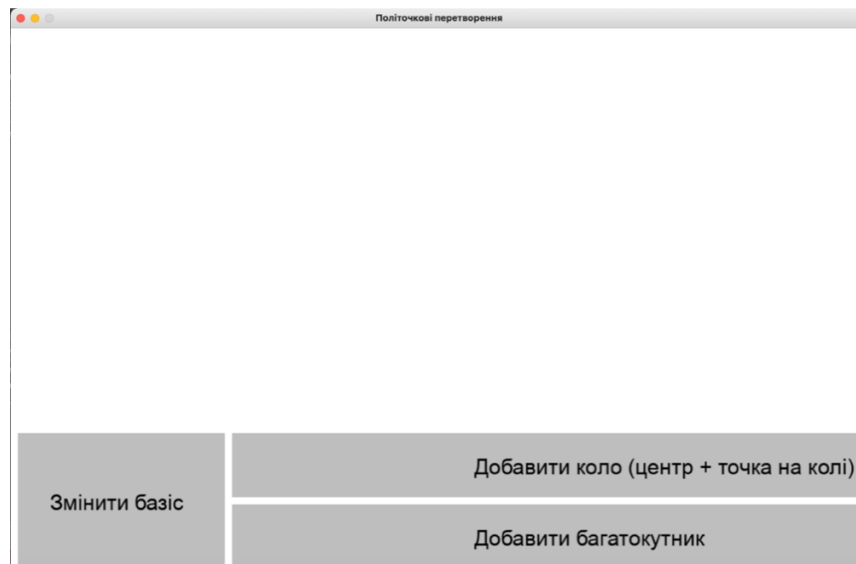


Рис. 2. Діалогове вікно користувача

Біла область являє собою робочу зону. Тут в подальшому відбуватиметься побудова геометричних об'єктів і їх перетворення. А інші команди можна буде виконувати, завдяки меню.

Перед початком роботи користувач повинен поставити три точки базису на свій розсуд натисканням лівої кнопки миші, де потім необхідно помістити групу геометричних об'єктів.

Після виставлення точок базису користувачу необхідно побудувати групу геометричних об'єктів, таким чином, щоб вони були занурені в базис. Натиснувши в меню на «Добавити Коло (центр + точка на колі)», коло добавлятиметься одним кліком лівої кнопки миші, де відбудеться клік, там і буде центр кола, потім мишкою вводиться розмір і натиснувши на праву кнопку миші побудується фігура. Натиснувши «Добавити багатокутник», багатокутник побудується іншим чином, поступовими кліками по лівій кнопці миші будуватимуться кути багатокутника, які автоматично з'єднуються.

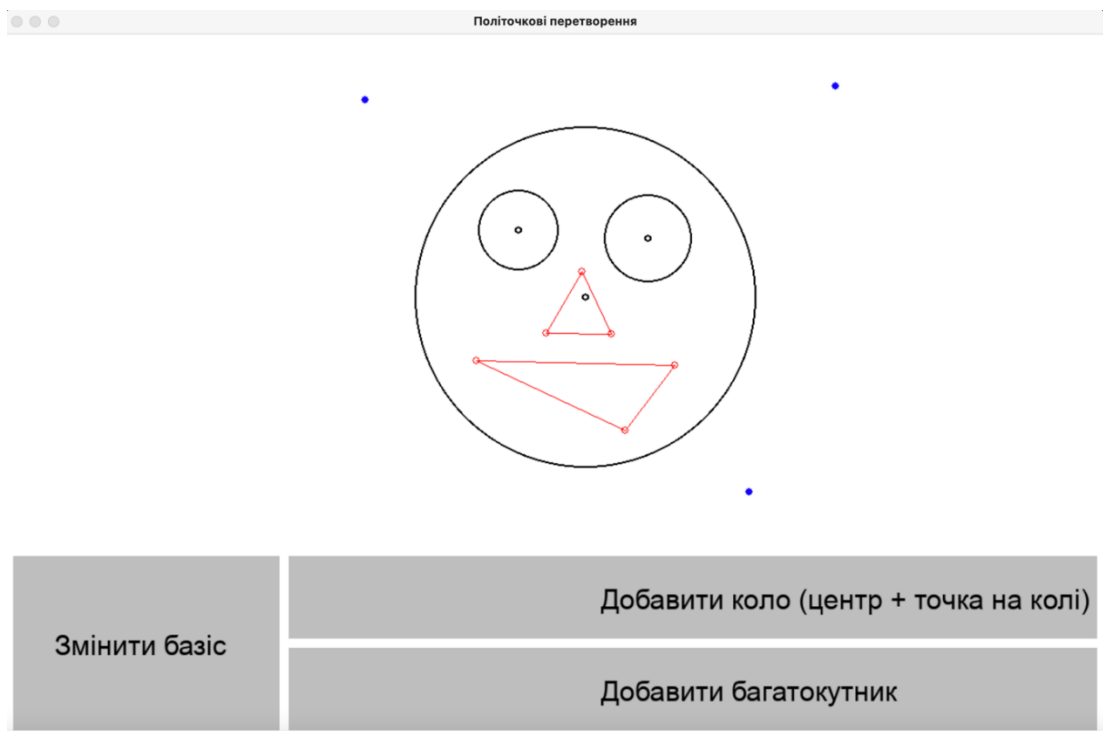


Рис. 3. Виставлення точок базису та побудова групи об'єктів

Побудова фігур закінчена, тепер необхідно змінити базис. Тобто натиснути в меню «Змінити базис», тоді точки будуть активними для пересування, потім натисканням лівою кнопкою миші на одну з точок базису потягнути в заданому напрямку. Як тільки відбуватиметься перенос точки, відбуватиметься і деформація групи об'єктів. Після кожної деформації попереднє зображення об'єктів залишатиметься на екрані.

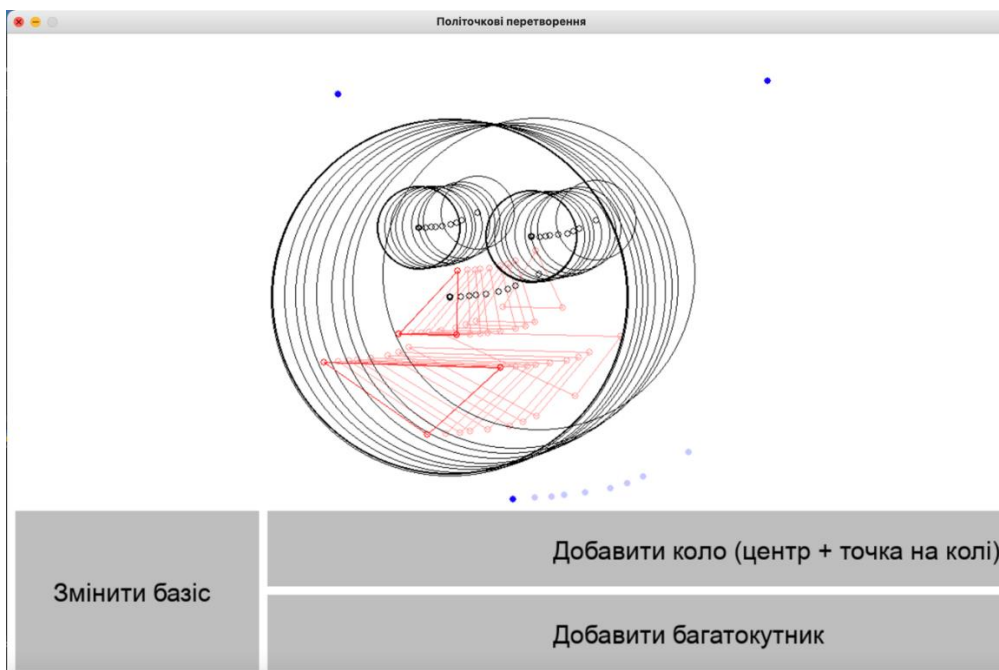


Рис. 4. Деформовані геометричні об'єкти

В результаті тестування програми було побудовано групу об'єктів і продемонстровано динаміку їхніх деформацій. Користувач сам задає розміри об'єктів та їхнє положення, після чого вже керує їхніми базисами і спостерігає за змінами.

Висновки. Зробивши аналіз систем моделювання було вирішено, що даний додаток необхідний для досліджування і відстежування процесу динаміки перетворень геометричних об'єктів.

При створенні системи було виконано ряд етапів. Було детально проаналізовано системи та методи графічного моделювання, розглянуто математичний апарат різних варіантів полікоординатних відображень, виявлено переваги та недоліки. Було обрано інструментарій для програмної розробки, обрано мову програмування Python для реалізації комп'ютерної графіки.

У порівнянні з існуючими аналогами створена система є більш зручною у користування, не потребує багато пам'яті при завантаженні та роботі з нею. Змодельований інтерфейс допомагає у роботі з програмою, щоб отримати бажаний результат.

Програмний продукт був реалізований для відстеження динаміки нелінійного перетворення групи об'єктів і може слугувати як основа для вивчення нелінійних геометричних перетворень у багатьох інформаційних сферах, та має шляхи подальшого розвитку.

Література:

1. Сидоренко Ю.В., Бадаєв Ю.І. Геометричне моделювання складних об'єктів на основі політочкових відображень відрізків прямих. *Сучасні проблеми моделювання*. 2019. -Вип.16.-С.17-24.