

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРІАНГУЛЯЦІЙНОГО ОПИСУ ОБ'ЄКТІВ ПІД ЧАС МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ТРИВИМІРНИХ СЦЕН

У статті розглядається представлення об'єктів тріангуляційними сітками при створенні тривимірних сцен для задач моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій та їх наслідків. Розроблено метод оптимізації опису складних тривимірних сцен для пришвидшення їх опрацювання та візуалізації. Наведено результати роботи методу на тестових зображеннях.

Вступ. Задачі тривимірного моделювання для потреб машинобудування, архітектури, індустрії розваг, медицини, картографування тощо зумовили стрімкий розвиток систем 3-D моделювання. Зокрема ці системи можуть використовуватись для моделювання і прогнозування надзвичайних ситуацій та їх наслідків. Найпоширенішим способом представлення тривимірних об'єктів в комп'ютерній графіці є тріангуляційні сітки. Вони дозволяють максимально точно апроксимувати тривимірні об'єкти при обробці їх моделей з використанням комп'ютера. Однак високий рівень деталізації, що відповідає за точність відображення об'єктів на дисплеї комп'ютера та велика кількість окремих об'єктів тривимірної сцени робить неможливим їх швидке опрацювання та візуалізацію засобами персональних комп'ютерів. Тому на практиці доцільно використовувати спрощені моделі тривимірних об'єктів, які дозволяють зменшувати деталізацію сцени, тим самим суттєво пришвидшувати її опрацювання та візуалізацію.

Постановка задачі. Маючи вхідну тривимірну сцену, що складається з окремих об'єктів, розробити алгоритми автоматичного створення різних рівнів деталізації для кожного із об'єктів. Об'єкти є задані описом їх поверхонь тріангуляційними сітками (ТС). Тоді, якщо прийняти такі позначення:

S – початкова сцена, що складається із N об'єктів $S\{Obj_0, Obj_1, \dots, Obj_N\}$, потрібно знайти вихідну сцену $S'\{Obj'_0, Obj'_1, \dots, Obj'_N\}$ таку, що ТС її об'єктів містять мінімальну кількість елементів та максимально точно відповідають об'єктам вхідної сцени S .

Аналіз новітніх досліджень та публікацій. Існує кілька способів отримання тривимірних моделей об'єктів, зокрема створення моделей вручну, використовуючи пакети САД-проектуювання, та відтворення моделей за даними засобів об'ємного сканування [1]. В останньому випадку розмір моделей буде залежати від роздільної здатності сканування об'єктів. При покращенні реалістичності тривимірної сцени, збільшується кількість об'єктів, які її утворюють. Тому на практиці для кожного об'єкту будують кілька моделей з різними кількостями трикутників сітки, таким чином утворюючи різні рівні деталізації об'єкту. Далі залежно від відстані між спостерігачем та об'єктом сцени на дисплеї комп'ютера відображаються моделі з відповідною точністю представлення [2]. На рис. 1. зображено кілька рівнів деталізації автомобільного диску з різною кількістю трикутників.

Будь-який з алгоритмів спрощення опису поверхонь (зменшення кількості трикутників), що використовуються на практиці – це ітераційний процес, основні кроки якого можна описати наступним чином [3-5]:

1. Класифікація вершин. На даному етапі серед всіх вершин тріангуляційної сітки виділяють певні типи вершин, які мають особливі характеристики. Одні автори виділяють вершини, які не можна видаляти з тріангуляції, інші – ті вершини, котрі можна видалити в першу чергу.

2. Обчислення цін локальних модифікацій, тобто відхилення між початковою та спрощеною тріангуляційними сітками, що виникає в наслідок виконання базової операції

спрощення моделі для кожного елемента поверхні. В залежності від типу операції спрощення моделі таким елементом може бути вершина, ребро, трикутник.

3. Створення черги виконання локальних модифікацій, ключем якої є ціна виконання локальної модифікації. В залежності від типу базової операції елементом черги є вузол, ребро або трикутник триангуляційної сітки.

4. Поки не досягнуто заданої кількості елементів триангуляції, або максимально допустимого відхилення між початковою сіткою та її апроксимацією виконувати:

4.1. Вибрати з черги локальну модифікацію з мінімальною ціною виконання.

4.2. Виконати дану модифікацію.

4.3. Для всіх елементів в околі виконаної локальної модифікації перерахувати ціну та оновити чергу.

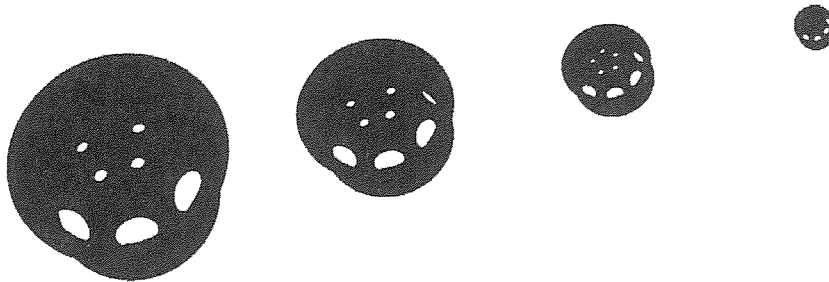


Рис. 1. Приклад рівнів деталізації автомобільного диска

Опубліковані методи спрощення ТС мають свої переваги та недоліки за такими параметрами, як швидкість виконання, якість спрощеної триангуляції та об'єм пам'яті необхідний для виконання спрощення. Деякі із них швидкі у виконанні, проте генерують вихідну спрощену модель низької якості, інші забезпечують високу якість вихідної триангуляції, але потребують значно більший час виконання. Існують методи, що виконують якісне спрощення триангуляції та швидкі у виконанні, проте потребують великих об'ємів пам'яті для виконання. Проте жодний із них не передбачає опрацювання складних сцен, які містять велику кількість об'єктів. Тому актуальною є задача визначення правил опрацювання таких сцен та алгоритмів спрощення ТС для роботи з відповідними об'єктами.

Представлення та опрацювання складних тривимірних сцен. Може бути два способи представлення складних тривимірних сцен, зокрема збереження сцени як одного об'єкту у відповідному файлі та збереження сцени у певній кількості файлів, залежно від кількості об'єктів сцени. При збереженні сцени у одному файлі для побудови різних рівнів деталізації можна використати будь-який з відомих методів спрощення ТС, проте при роботі із сценою неможливим є видалення чи зміна окремих об'єктів. Тому перевага у такому випадку надається представленні сцени набором файлів, де розміщені окремі об'єкти сцени. Для ідентифікації об'єктів сцени доцільно створити список об'єктів з такими полями: ім'я файлу у якому зберігається опис об'єкту та координати центру об'єкту для визначення його положення на загальній сцені. Схематично цей спосіб представлення схеми можна зобразити рис. 2. Для додання об'єкту до сцени необхідно внести ім'я об'єкту та координати його центру у список об'єктів та додати файл із описом поверхні об'єкту. Для видалення об'єкту із сцени потрібно видалити його запис у списку об'єктів. Описані вище особливості представлення складних тривимірних сцен повинні враховуватись при розробці алгоритму автоматичного створення різних рівнів деталізації тривимірної сцени. Тобто спрощення сцени можна виконувати послідовним спрощенням об'єктів сцени. Вибір певного алгоритму прорідження опису об'єктів сцени визначається часом опрацювання та якістю вихідної спрощеної моделі об'єкту.



Рис. 2. Представлення тривимірної сцени списком об'єктів

Для спрощення окремих об'єктів сцени використовується метод, описаний в [6]. Основними характеристиками даного методу є: виконання спрощення ТС до заданого рівня точності та використання в якості базової операції - операцію колапс ребра. Алгоритм спрощення складної тривимірної сцени можна описати наступною послідовністю кроків:

Поки не опрацьовані всі об'єкти об'ємного зображення виконувати кроки 1-7:

1. Для $i=0, i < N, i++$; N – кількість об'єктів вхідного зображення, вчитати в пам'ять i -ий об'єкт:
 - a. вчитати вершини та трикутники тріангуляційної сітки, якою задано модель об'єкту.
2. Для всіх вершин моделі обчислити відстань від вершини до середньої площини для точок в околі цієї вершини.
3. Поки не перевищена задана величина відхилення між спрощеною та початковою моделями виконувати:
 - a. вибрати вершину, для якої відстань до середньої площини менша ніж задана величина відхилення;
 - b. видалити цю вершину, шляхом виконання базової операції спрощення;
 - c. для кожної вершини в околі видаленої вершини перерахувати відстань до середньої площини.
4. Для всіх вершин, що залишились знайти пари (v_i, v_j) , такі що (v_i, v_j) є ребром тріангуляційної сітки.
5. Для всіх пар обчислити суму квадратів відстаней до множини інцидентних площин та помістити в чергу на видалення всі пари вершин для яких обчислене відхилення менше рівне за допустиме.
6. Поки черга не є пустою виконувати:
 - a. Вибрати з черги пару вершин;
 - b. Виконати базову операції спрощення над вибраною парою;
 - c. Обновити чергу.
7. Вивести спрощену модель в заданий формат представлення вихідних результатів.

Блок-схему розробленого методу та складові програмного забезпечення для його реалізації зображено на рис. 3. Цифрами справа вказано відповідність елементів блок-схеми крокам запропонованого методу спрощення моделей тривимірних об'єктів, заданих ТС. На основі блок-схеми можна виконати програмну реалізацію методу. Спрощення складних об'ємних зображень виконується послідовним спрощенням окремих об'єктів зображення, та при збереженні вихідних результатів у стандартні векторні формати дозволяє виконувати аналіз та візуалізацію, як цілої комплексної сцени, так і виділеного її фрагменту.

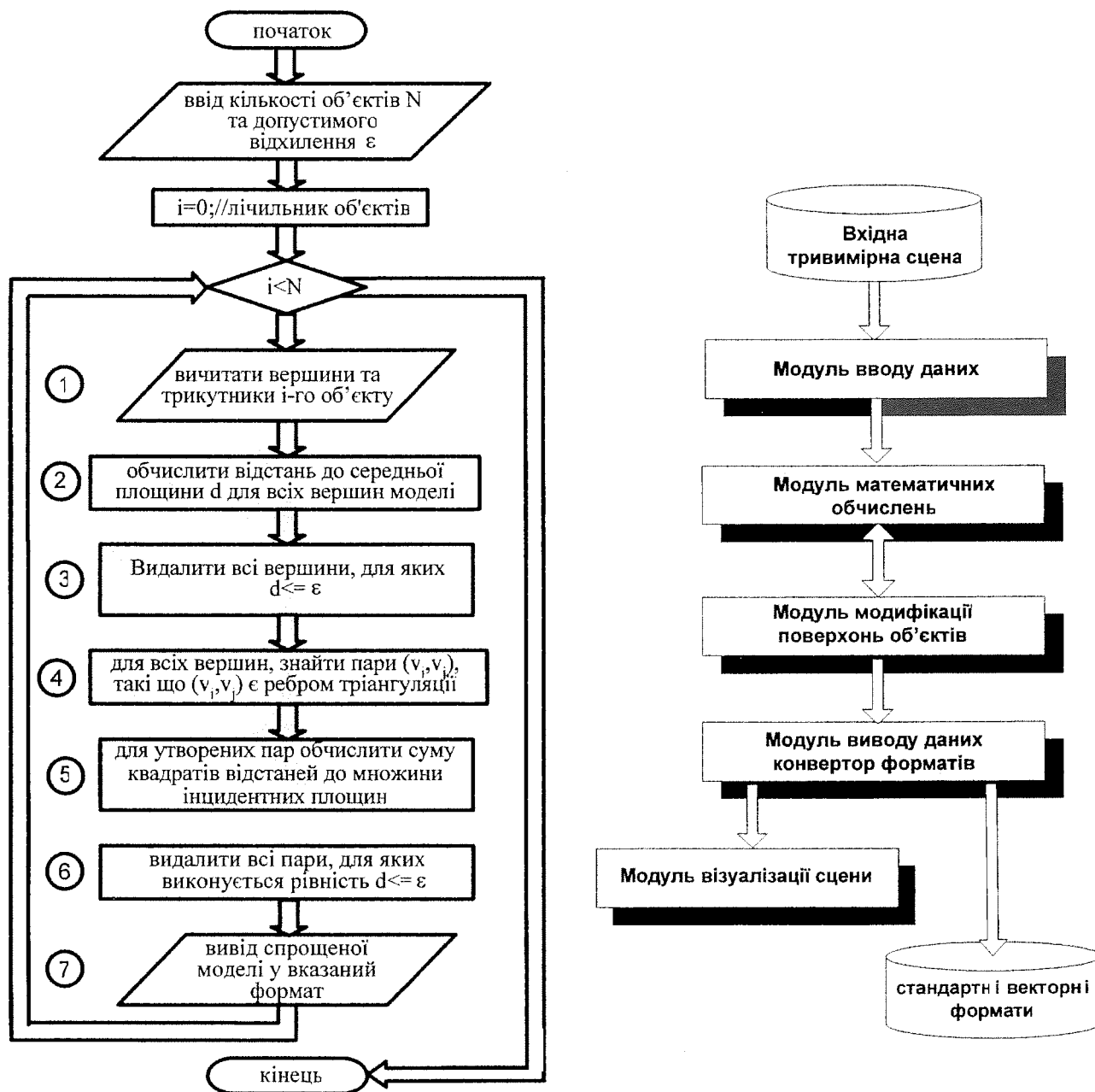


Рис. 3. Блок-схема алгоритму спрощення складної тривимірної сцени та структура програмного забезпечення для реалізації спрощення ТС

Перевагою такого підходу є те, що він дозволяє обробку великих об'ємів даних, якими описуються складні зображення, що одночасно не можуть бути спрощені, якщо елементи цього зображення виділені, як окремі об'єкти.

Отримані результати. Для перевірки працездатності розробленого методу спрощення тривимірних сцен, заданих множиною об'єктів, виконано його програмну реалізацію на C++. Взявши на вході тривимірну сцену, що задана списком об'єктів, виконано її спрощення. В табл. 1 наведено характеристики початкової та спрощеної тривимірної сцени.

Таблиця 1.

Характеристики початкової та спрощеної тривимірних сцен

Ім'я сцени	Кількість об'єктів	Кількість трикутників	кількість вершин
Початкова сцена	117	17224	8801
Спрощена сцена	117	11112	5750

Початкова сцена являє собою набір випадково розкиданих об'єктів в тривимірному просторі, які мають різні геометричні форми та кількості трикутників в їх описі. Низьке зменшення кількості трикутників в описі сцени пояснюється значенням величини допустимого відхилення, яка в наведеному прикладі дорівнює нулю. Це означає, що при спрощенні початкової сцени забезпечується повне збереження форми об'єктів. Приклад опрацювання окремого об'єкту сцени наведено на рис. 4.

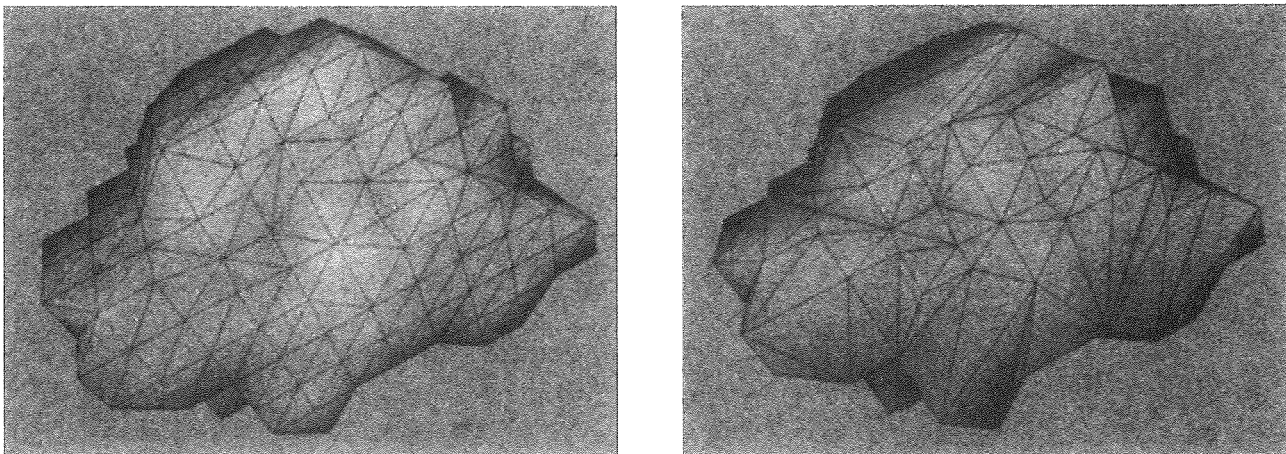


Рис. 4. Окремий тривимірний об'єкт до та після опрацювання сцени

Зліва на рис. 4 зображено об'єкт сцени до виконання спрощення. Поверхня об'єкту задана ТС, що містить 309 вершин та 614 трикутників. В правій частині рис. 4 зображений об'єкт після виконання спрощення сцени. Поверхня об'єкту описана ТС, що містить 206 вершин та 408 трикутників. Форма спрощеного об'єкту відповідає формі початкового об'єкту.

Висновки.

1. У статті розглянуто представлення складної тривимірної сцени набором файлів із описами поверхонь об'єктів та відповідним списком ідентифікації об'єктів.
2. Розроблено алгоритм оптимізації опису тривимірної сцени, що дозволяє зменшити об'єм даних для представлення сцени та пришвидшити подальше опрацювання та візуалізацію сцени.
3. Наведені приклади опрацювання тестових зображень доводять працездатність розробленого алгоритму.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Heckbert P., Garland M. *Survey of polygonal surface simplification // SISGRAPH. – 1997. – Course 25.*
2. Luebke, David P.A. *Developer's Survey of Polygonal Simplification Algorithms. IEEE Computer Graphics & Applications, 2001.*
3. Sophie Jarlier, HyungSeok Kim, Stephane Garchery, Nadia Magnenat-Thalmann *Reduction: State-of-the-Art // MIRALab, University of Geneva, May 2005.*
4. Скворцов А.В. *Триангуляция Делоне и её применение. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с.*
5. M. Hussain, Y.Okada, K.Nijima1 *Efficient and Feature-Preserving Triangular Mesh Decimation Journal of WSCG, Vol.12, No.1-3., ISSN 1213-6972 WSCG'2004, February 2-6, 2004, Plzen, Czech Republic.*
6. Мельник А.О., Акимшин О.І. *Прорідження триангуляційних сіток тривимірних об'єктів комп'ютерної томографії // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2006. - №573. – С. 131–137.*

УДК 614.8

Т.В.Бойко, В.В.Ковалишин, к.т.н., с.н.с., Р.Я.Лозинський, к.т.н., доц. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕНЕРУВАННЯ ПІНИ ПАРОГАЗОВОДОЯНОЮ СУМІШШЮ

Встановлені параметри для експериментального дослідження генерації піни потоком парогазоводяної суміші.

В роботах [1, 3] досліджувалось використання АГВГ для гасіння парогазовими сумішами.

Для розробленої модернізованої установки АГВГ-100М найбільш прийнятна камера охолодження з ступінчастим введенням охолоджуючої води і виводом конденсату і води, що не випарувалася, з кожної ступені. Це дуже важливо при формуванні піни.

На основі типових технологій дистанційного гасіння пожеж розроблена тактико-технологічна схема дистанційного об'ємного гасіння пожеж на небезпечних виробництвах парогазовою сумішшю активним способом. Ця ж схема може бути удосконалена для подачі піни. Подача піни в закриті об'єми буде мати порівняно з парогазовими сумішами такі переваги: витіснення кисню, охолодження зони горіння, ізоляція і т.д.

Блок-схема тактико-технологічного застосування установки АГВГ-100М представлена на рис. 1.

Дистанційне об'ємне гасіння активним способом припускає безпосередню активну дію на осередок пожежі на аварійному об'єкті шляхом заміщення повітря інертною парогазовою сумішшю і провітрювання парогазовою сумішшю зони горіння протягом часу, достатнього для припинення полум'яного горіння і подальшого охолодження матеріалів і конструкцій, що горять, до температури, що виключає рецидив пожежі при припиненні подачі вогнегасної речовини.

При цьому звичайно виходять з того, що небезпека вибуху виключається, коли об'ємна частка кисню на аварійному об'єкті не перевищує 12 %, а полум'яне горіння припиняється при зниженні об'ємної частки кисню до 8 %.