



**ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТА ІНТЕРАКТИВНІ
МУЛЬТИМЕДІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ**

**VISUALIZATION AND INTERACTIVE
MULTIMEDIA TECHNOLOGIES**

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ИНТЕРАКТИВНЫЕ
МУЛЬТИМЕДИЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 004.942

DOI: 10.31866/2617-796x.1.2018.147255

Ткаченко Ольга,

*кандидат фізико-математичних наук, доцент,
Київський національний університет культури і мистецтв,
Київ, Україна*

oikachen@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0003-1800-6180>

Дорошенко Андрій,

*бакалавр кафедри комп'ютерних наук,
Київський національний університет культури і мистецтв,
Київ, Україна*

adoroshenko@ukr.net

<http://orcid.org/0000-0002-7693-8703>

**ДЕЯКІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ВІДЕОІГР З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ
ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ГЕОМЕТРІЇ**

У статті розглядаються проблеми, пов'язані з розробкою відеоігор, створенням надійної системи деформації ігрового середовища.

Метою статті є опис можливих рішень оптимізації процесу побудови та модифікації об'єктів відеоігри, які можуть деформуватися у двовимірному просторі.

Методами дослідження є методи обчислювальної геометрії над зовнішніми та внутрішніми контурами графічних об'єктів. У статті наведено процес створення ігрового світу із цифрового зображення, що включає використання методів комп'ютерного бачення – вилучення контурів зображення. Розглянуто проблему вилучення дискретних об'єктів зображення, що дозволяє представити дані об'єкти в ігровому середовищі. Контури повинні окреслювати об'єкт, а для забезпечення високої продуктивності системи виявлення зіткнень, доцільно оптимізувати зменшення числа вершин контуру при збереженні деталізації об'єкту. Також описано використаний алгоритм трасування контурів, що базується на застосуванні векторної алгебри.

Новизною дослідження є розроблений авторами модифікований алгоритм трасування контурів, який ґрунтується на застосуванні векторної алгебри та відзначається коректністю відтворення зовнішніх та внутрішніх контурів при будь-яких вхідних параметрах.

Висновками проведеного дослідження є доцільність спрощення роботи підсистеми деформування ландшафту та використання модифікованого алгоритму трасування зовнішнього контуру, який забезпечує систему деформування ландшафту. Подано

результати застосування алгоритму трасування контурів при практичній розробці інтерактивної комп'ютерної кросплатформеної відеогри.

Ключові слова: відеогра, ігровий рушій, обчислювальна геометрія, деформація середовища, булеві операції на багатокутниках, трасування контурів, цифрові зображення, триангуляція, полігональна сітка.

Вступ. Під час створення концепцій відеоігор використовуються засоби та методи ігрового дизайну, а саме визначення елементів гри, правил взаємодії між ігровими агентами та об'єктами, мети гри тощо.

Надійна та ефективна реалізація віднаходження контурів об'єктів растрового зображення та проведення операцій над багатокутниками представляється досить важливим не тільки з точки зору розробки відеоігор, але й інших сфер, які безпосередньо або опосередковано пов'язані з застосуванням методів комп'ютерної графіки та обчислювальної геометрії. Тому тематика статті є достатньо актуальною.

Результати дослідження. Жанр відеоігор стратегічної артилерії відзначається наявністю арсеналу зброї, застосування якої значно підвищує шанси на перемогу. Стратегічний аспект полягає у розрахунку тактики відповідно до наявності внутрішніх та зовнішніх ресурсів, таких як боєприпаси. Більшість артилерійських ігор є покроковими. Аналогічно грі в шахи гравцям відводиться певний проміжок часу на реалізацію тактики та розрахунок стратегії. Виходячи з цього, для розробки ігрового дизайну даного жанру необхідно створення:

- взаємодіючих персонажів, які беруть участь у баталіях;
- навколишнього середовища, в якому відбувається вирішення конфлікту, що деформується під дією різноманітних сил;
- способів вирішення конфлікту та застосування арсеналу зброї;
- умов перемоги та поразки.

У якості протагоніста відеогри виступає робот-дрон сферичної форми. Антагоністами є флотилія ворожих космічних човнів, місія яких є знищення енергетичного ядра дослідницької космічної бази. Створивши концепцію та передісторію відеогри, можна виділити наступні елементи:

- взаємодія полягає у конфлікті цілей робота-дрона та флотилії;
- космічна база – це середовище, в якому відбувається конфлікт;
- вирішення конфлікту внутрішніми засобами кожної із сторін;
- мета, що полягає у захисті енергетичного ядра.

Розробка проводиться з використанням ігрового рушія Godot Engine (2018). На відміну від інших цей рушій оперує у піксельних координатах, із великою кількістю вбудованих інструментів саме для розробки двовимірних відеоігор. Це забезпечує високу точність відтворення ландшафту та інших ігрових елементів, поліпшує швидкість відеогри, оскільки рендеринг відбувається у двовимірному просторі.

Godot Engine – ігровий рушій загального призначення з відкритим сирцевим кодом. При виникненні потреби інтеграції сторонніх програмних бібліотек, оптимізації критичних частин відеогри, або ж додавання нового функціоналу,

ігровий рушій надає можливість це зробити через модулі. У даній роботі розглянуті шляхи прискорення швидкодії алгоритму віднаходження двовимірних об'єктів растрового зображення.

Прототип цього алгоритму був розроблений за допомогою використання вбудованої скриптової мови програмування GDScript (Python), а реалізація – портована на мову програмування C++ через використання модульної системи ігрового рушія.

У якості системи керування версіями використовується програмний засіб «Git». Використання такого програмного продукту забезпечує можливість зберігання роботи на усіх етапах розробки та дозволяє відслідковувати та запобігати появам програмних багів.

Для забезпечення динаміки фізичного моделювання необхідне створення ігрового середовища та його об'єктів, що мають бути представлені як відповідні форми зіткнень відокремлених фізичних тіл.

Традиційним методом створення форм зіткнень є їхнє ручне визначення та редагування відповідно до контурів растрового зображення, що визначає текстуру об'єктів. Для визначення форм зіткнень можуть використовуватися різноманітні геометричні примітиви. Відповідне поєднання даних примітивів дозволяє визначити реальну (бажану) форму будь-якого об'єкта, а отже самого ігрового середовища. Цей метод визначення форм зіткнень характеризується низькою продуктивністю та можливою похибкою при спробі визначити контури об'єкта якнайбільш точно вручну.

При переході до динамічної реалізації виникає проблема віднаходження дискретних об'єктів зображення, які треба розглядати як двовимірну модель, що представлена сукупністю вершин зовнішнього контуру (координат зображення) та внутрішніх контурів (дірок), як показано на рис. 1.

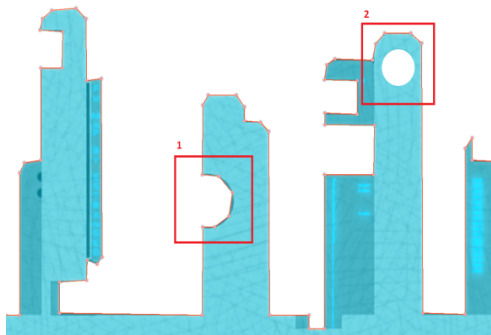


Рис. 1. Недоліки ручного створення форм зіткнень: 1 – неточність відтворення, 2 – неможливість визначення внутрішніх контурів.

Ця модель може описувати всю форму об'єкта у двовимірному просторі, за умови застосування підсистеми конвертування растрового зображення з використанням алгоритмів трасування зовнішніх та внутрішніх контурів об'єктів, які мають переваги та недоліки (від простоти реалізації до надійності).

Авторами був розроблений модифікований алгоритм трасування контурів на базі (Salen and Zimmerman, 2004). Цей алгоритм ґрунтується на застосуванні векторної алгебри та відзначається коректністю віднаходження зовнішніх та внутрішніх контурів при будь-яких вхідних параметрах (Crawford, 2003; Nagarpanawar, Rao and Joshi 2010).

Авторський метод створює екземпляр класу трасування контурів ContourTracer, на вхід якого подається посилання на попередньо завантажене зображення. Метод find_next класу ContourTracer ініціює пошук першого та наступних двовимірних об'єктів на зображенні, результат виконання якого використовується для створення двовимірних моделей.

Створення двовимірних моделей ґрунтується на поєднанні зовнішнього та внутрішніх контурів об'єкту. Model – це структура даних, яка описує двовимірний об'єкт растрового зображення. Методи цієї категорії забезпечують операції розрахунку характеристик двовимірних об'єктів: мінімальний обмежувальний прямокутник, геометричний центр об'єкта.

Контурами двовимірних моделей повинні бути прості багатокутники, що не перетинаються, тому попередньо виконується алгоритм масштабування зображення методом найближчого сусіда та застосовується додатковий крок «шпаклювання» кутів між пікселами для уникнення появи «зубців» (рис. 2).

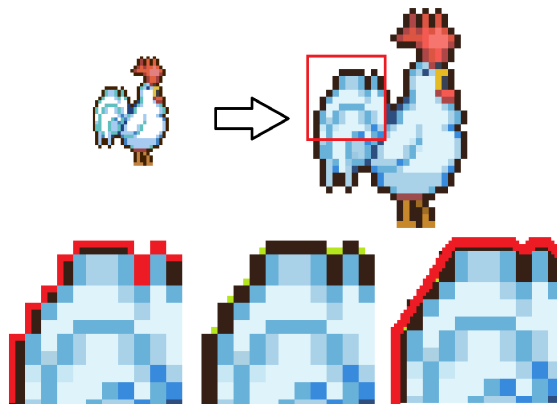


Рис. 2. Масштабування зображення методом найближчого сусіда та відповідне відновлення контуру.

Реалізований метод масштабування розширення зображення дозволяє прискорити процес пошуку об'єктів, позбавляючись необхідності попереднього масштабування зображення, але при цьому виникає проблема їхнього точного відтворення, бо зовнішній і внутрішні контури після застосування методу розширюються та звужуються відповідно.

Алгоритм трасування потребує побудови двовимірного окілу Мура першого порядку. Залежно від типу контуру, порядок проходження окілу Мура – за або проти годинниковою стрілкою.

Встановлення напрямку проходження околу Мура необхідно для коректного трасування зовнішніх і внутрішніх контурів та ідентифікації, оскільки більшість алгоритмів триангуляції визначають тип багатокутників за порядком вершин.

Алгоритм трасування зовнішнього контуру:

1. Пошук початкового матеріального пікселю.
2. Поточний піксель = початковий піксель.
3. Розрахунок CNV. Якщо множина CNV = 0, то кінець алгоритму.
4. ECVN = обраний CNV.
5. Попередній піксель = поточний піксель. Поточний = наступний піксель.
6. Розрахунок CPV та CNV.
7. Розрахунок векторного та скалярного добутків CPV із CNV.
8. Залежно від результату обирається наступний піксель.
9. Повторити кроки від 5 до 8 доки поточний = початковому пікселю та обраний CNV = ECVN.

CNV – вектор від поточного до наступного пікселя; CPV – вектор від поточного до попереднього пікселя; ECVN – кінцевий CNV.

Після трасування зовнішнього контуру, є вірогідність наявності внутрішніх контурів поточного об'єкту, для пошуку яких застосовується алгоритм лінійної заливки.

Трасування внутрішнього контуру від зовнішнього відрізняється зворотнім напрямком проходження околу Мура та критерієм зупинки алгоритму. Внаслідок заливки контуру, фонові пікселі перетворюються на матеріальні, сприяючи коректному віднаходженню початкового пікселя наступного об'єкта.

Алгоритм трасування дозволяє представити контури об'єкта, зберігаючи деталі. Деформація ландшафту потребує виявлення зіткнень при фізичному моделюванні твердих тіл, модифікації форм зіткнень у реальному часі. Існує багато форм зіткнень, які можуть бути описані аналітично: прямокутник, коло, капсула та ін.

Використання увігнутої форми для представлення ландшафту має сенс лише у випадку відсутності внутрішніх контурів знайдених об'єктів, тобто зовнішній контур не повинен мати «дірок». У даному випадку загальна площа внутрішніх контурів повністю перекривається зовнішнім. Виникає завдання включення внутрішніх контурів, які мають визначати внутрішній простір двовимірного об'єкта. На рис. 3. показано включення внутрішніх контурів.

Двовимірний об'єкт растрового зображення неможливо представити лише його зовнішнім контуром із використанням увігнутих форм, тому доцільно описувати такі об'єкти як сукупність випуклих багатокутників. Як відомо, трикутник – це найпростіша геометрична випукла фігура. Застосовуючи алгоритми триангуляції над багатокутниками, можна перетворити двовимірну модель у сукупність поєднаних трикутників, створюючи двовимірну полігональну сітку об'єкта, яка описує об'єкт.

Оскільки деформування ландшафту полягає у його руйнуванні, застосування операції віднімання є достатнім, проте не виключено використання операції

об'єднання моделей, що може бути корисним при реалізації будівництва ландшафту. Всі інші види булевих операцій не мають сенсу при реалізації деформування ландшафту.

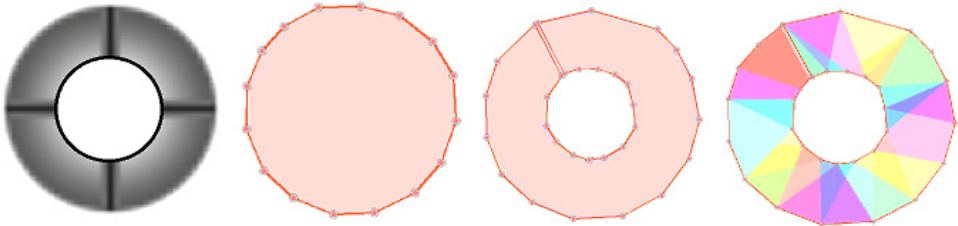


Рис. 3. Способи представлення внутрішніх контурів. Зліва направо – зображення, суцільний контур, контур із врізом, сукупність трикутників.

Деформування ландшафту відбувається за допомогою використання методів вищезгаданої програмної бібліотеки «ClipperLib», модуль якого був застосований при ініціалізації ландшафту. На рис. 4. показано приклад виконання операції віднімання при реалізації руйнування ландшафту, де колом червоного кольору позначено можливу зону вибуху.

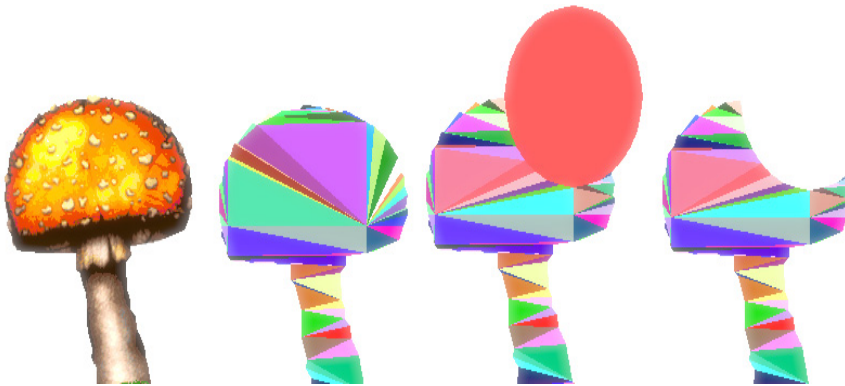


Рис. 4. Виконання операції віднімання при реалізації руйнування об'єктів.

По завершенню трасування зображення та створення відповідних двовимірних моделей та сутностей ландшафту, даний вузол та всі його підвузли, додаються до кореневого вузлу сцени. У даному випадку було створено растрове зображення у графічному редакторі, що представляє собою космічну базу, як показано на рис. 5. Це завершує етап створення динамічного ігрового середовища та дозволяє розташування агентів гри.

Чітке визначення передумов, концепції та вимог сприяло розробці відеогри, в якій растрові зображення перетворюються на двовимірні моделі в одній з підсистем, вирішуючи проблему статичної реалізації ігрового середовища за допомогою визначення полігональних сіток фізичних об'єктів.



Рис. 5. Ігрове середовище у растровому представленні.

Збереження деталей ландшафту та його елементів при перетворенні растрового зображення на двовимірні моделі є надлишковим з точки зору забезпечення ефективності моделювання фізики твердих тіл, а тому застосування алгоритмів спрощення полігональних кривих надає компроміс між точністю представлення двовимірного об'єкта та ефективністю виконання.

Висновки. Визначення уніфікованої структури даних для представлення форм зіткнень фізичних об'єктів, дозволило спростити створення та роботу підсистеми деформування ландшафту. Таким чином, деформування ландшафту доцільно здійснювати саме на моделях об'єктів, застосовуючи методи обчислювальної геометрії над зовнішніми та внутрішніми контурами. Сформовано модифікований алгоритм трасування зовнішнього контуру, який завдяки модифікації моделі, сприяє перетворенню на двовимірну сутність, забезпечуючи систему деформування ландшафту.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Brunnett, G., Hamann, B., Müller, H. and Linsen, L., 2013. *Geometric Modeling for Scientific Visualization*, Springer Science & Business Media.
- Crawford, C., 2003. *On Game Design*. New Riders.
- Godot Engine, 2018. *Free and open source 2D and 3D game engine*. [online]. Available at: <<https://godotengine.org>> [Accessed 10 April 2018].
- Narappanawar, N.L., Rao, B.M. and Joshi, S.T., 2010. Vector algebra based tracing of external and internal boundary of an object in binary images. *Journal of Advances in Engineering Science*, 4 June, pp. 57-70.
- Salen, K. and Zimmerman, E., 2004. *Rules of play: game design fundamentals*. Mit press.

REFERENCES

Brunnett G., Hamann B., Müller H. and Linsen L., 2013. Geometric Modeling for Scientific Visualization, *Springer Science & Business Media*.

Crawford, C., 2003. *On Game Design*. New Riders.

Godot Engine, 2018. *Free and open source 2D and 3D game engine*. [online] Available at: <<https://godotengine.org>> [Accessed 10 April 2018].

Narappanawar, N.L., Rao, B.M. and Joshi, S.T., 2010. Vector algebra based tracing of external and internal boundary of an object in binary images. *Journal of Advances in Engineering Science*, 4 June, pp. 57-70.

Salen, K. and Zimmerman, E., 2004. *Rules of play: game design fundamentals*. Mit press.

© О. І. Ткаченко

© А. М. Дорошенко

18.06.2018

UDC 004.942

DOI: 10.31866/2617-796x.1.2018.147255

Tkachenko Olha,*PhD of physical and mathematical sciences, associate professor,**Kyiv National University of Culture and Arts,**Kyiv, Ukraine**oitkachen@gmail.com**<http://orcid.org/0000-0003-1800-6180>****Doroshenko Andriy,****bachelor of computer sciences,**Kyiv National University of Culture and Arts,**Kyiv, Ukraine**adoroshenko@ukr.net**<http://orcid.org/0000-0002-7693-8703>*

SOME ASPECTS OF DEVELOPING VIDEO GAMES USING METHODS OF COMPUTATIONAL GEOMETRY

The article deals with the general problems associated with the development of video games, in particular, the creation of a reliable system deformation game environment.

The purpose of the article is to study and describe some possible solutions for optimizing the process of building and modifying video game objects that can be deformed in a two-dimensional space.

The main research methods are the methods of computational geometry over the external and internal contours of graphic objects of a video game. The article describes the process of creating a gaming world with a digital image, including the use of computer vision techniques – the removal of image contours. The problem of withdrawal of discrete objects of the image, which allows to represent these objects in the gaming environment, is considered. The contours should describe the object as accurately as possible, while it is necessary to ensure high performance of the collision detection system, for which optimization was performed to reduce the number of contour vertices while maintaining the detail of the object. The algorithm used for tracing contours based on the use of vector algebra is described.

The novelty of the study is a modified contour tracing algorithm developed by the authors, which is based on the use of vector algebra and is distinguished by the correctness of finding external and internal contours with arbitrary input parameters.

The main conclusions of the survey are the simplification in the creation and operation of the subsystem of the landscape deformation. The proposed modified algorithm for tracing the external contour provides a system for deforming the landscape. The results of using the contour tracing algorithm in the practical development of an interactive computer cross-platform video game are presented.

Keywords: video game, game engine, computational geometry, deformation of environment, boolean operations on polygons, path tracing, digital images, triangulation, polygonal grid.

УДК 004.942

DOI: 10.31866/2617-796x.1.2018.147255

Ткаченко Ольга,

*кандидат физико-математических наук, доцент,
Киевский национальный университет культуры и искусств,
Киев, Украина
oitkachen@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0003-1800-6180>*

Дорошенко Андрей,

*бакалавр кафедры компьютерных наук,
Киевский национальный университет культуры и искусств,
Киев, Украина
adoroshenko@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0002-7693-8703>*

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ВИДЕОИГР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

В статье рассматриваются общие проблемы, связанные с разработкой видеоигр, в частности, с созданием надежной системы деформации игровой среды.

Целью статьи было исследование и описание некоторых возможных решений оптимизации процесса построения и модификации объектов видеоигры, которые могут деформироваться в двумерном пространстве.

Основными методами исследования являются методы вычислительной геометрии над внешними и внутренними контурами графических объектов видеоигры. В статье приведены процесс создания игрового мира с цифровым изображением, включая использование методов компьютерного видения – изъятия контуров изображения. Рассмотрена проблема изъятия дискретных объектов изображения, которая позволяет представить данные объекты в игровой среде. Контуров должны описывать объект как можно точнее, при этом необходимо обеспечить высокую производительность системы обнаружения столкновений, для чего была проведена оптимизация по уменьшению числа вершин контура при сохранении детализации объекта. Описан использованный алгоритм трассировки контуров, основанный на применении векторной алгебры.

Новизной проведенного исследования является разработанный авторами модифицированный алгоритм трассировки контуров, который основывается на использовании векторной алгебры и отличается корректностью нахождения внешних и внутренних контуров при произвольных входных параметрах.

Основными выводами проведенного исследования являются упрощение создания и работы подсистемы деформирования ландшафта. Предложенный модифицированный алгоритм трассировки внешнего контура обеспечивает систему деформирования ландшафта. Приведены результаты использования алгоритма трассировки контуров при практической разработке интерактивной компьютерной кроссплатформенной видеоигры.

Ключевые слова: видеоигра, игровой движок, вычислительная геометрия, деформация среды, булевы операции на многоугольниках, трассировки контуров, цифровые изображения, триангуляция, полигональная сетка.