Міністерство освіти і науки України Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету) Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр (назва освітнього ступеня) на тему: Застосування Geometry Nodes в програмному пакеті Blender для задач процедурного моделювання

Виконав: студент	<u>VI</u> курсу,	групи	СНм-61		
спеціальності	122 Ком	122 Комп'ютерні науки			
	(шифр і	назва спеціалы	ності)		
		Топольніцький Н.1			
	(підпис)	(прізві	ище та ініціали)		
Керівник		Небе	сний Р.М.		
	(підпис)	(прізві	ище та ініціали)		
Нормоконтроль		Ник	итюк В.В.		
	(підпис)	(прізві	ище та ініціали)		
Завідувач кафедри		Боднарчук І.О.			
	(підпис)	(прізві	ище та ініціали)		
Рецензент		Гаг	цин Н.Б.		
	(підпис)	(прізві	ище та ініціали)		

Тернопіль 2024

Міністерство освіти і науки України Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії (повна назва факультету) Факультет

Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри				
Боднарчук I.			Боднарчук І.О.	
	(підпис)		(прізвище та ініціали)	
«		26.12	220 <u>24</u> p.	

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу

на здобуття освітнього ступен	Магістр			
	(назва освітнього ступеня)			
	(шифр і назва спеціальності)			
Студенту	Топольніцький Назарій Михайлович			
	(прізвище, ім'я, по батькові)			
1. Тема роботи Застосування	Geometry Nodes в програмному пакеті Blender для задач			
процедурного моделювання.				
Керівник роботи Н	ебесний Р.М. доктор філософії. викладач кафедри КН			
	(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)			
Затверджені наказом ректора	від « <u>29</u> » <u>листопада</u> _20 <u>24</u> року № <u>4/7-1138 </u>			
2. Термін подання студентом	завершеної роботи 17 грудня 2024р.			
3. Вихідні дані до роботи <u>Н</u>	аукові публікації та статті про застосування Geometry Nodes у			
Blender для процедурного мод	елювання, ресурси, що висвітлюють новітні підходи до			
алгоритмічного створення 3D	-об'єктів, документація до Blender, а також онлайн-курси.			
4. Зміст роботи (перелік питан	њ, які потрібно розробити)			
Вступ. 1 Аналіз напрямку ком	п'ютерної графіки. 1.1 Аналіз галузі комп'ютерної графіки			
1.2 Огляд програмного забезп	ечення. 1.3 Огляд основних типів вузлів. 1.4 Процедурне			
Моделювання в інших прог	рамах. 1.5 Висновок. 2 Основи роботи з Geometry Nodes			
2.1 Поняття та структура Geor	netry Nodes. 2.2 Принципи роботи з вузлами (Nodes) у Blender.			
2.3 Процедурні методи створе	ння об'єктів. 2.4 Техніки та підходи до процедурного			
моделювання. З Практичного	використання Geometry Node. 3.1 Підбір референсів.			
3.2 Приклади практичного ви	користання Geometry Nodes. 3.3 Моделювання класичним			
методом. 3.4 Порівнання клас	ичного і процедурного методів моделювання. 3.5 Висновок.			
4 Охорона праці та безпека в н	адзвичайних ситуаціях. 4.1 Вплив тривалого сидіння на здоров'я			
працівників офісу. 4.2 Правил	а безпеки при виникненні аварій на електричних приладах.			
4.3 Висновок.				
5. Перелік графічного матеріа	лу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)			
1 Титульна сторінка. 2 Тема, 1	Иета, Об'єкт, Предмет дослідження. З Завдання дослідження.			
4 Актуальність дослідження.	Програмне забезпечення. 6 Geometry Nodes: принципу роботи з			
вузлами. 7Типів вузлів в Geor	netry Nodes. 8 Структура Geometry Nodes. 9 Створення 3D-			
об'єктів за допомогою Geomet	ry Nodes 10 Техніки та підходи до процедурного моделювання в			
Blender. 11 Підходи до генерації складних 3d-об'єктів. 12 Реалізація задач через Geometry				
Nodes. 13 Приклади практичн	ого процедурного моделювання. 14 Результати експериментів.			
15 Дослідження ефективності	. 16 Висновки. 17 Завершальний слайд.			

6. Консультанти розділів роботи

		Підпис, дата		
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	завдання	завдання	
		видав	прийняв	
Охорона праці	Сенчишин В.С., доцент			
Безпека в надзвичайних	Клепчик В.М., ст. викладач			
ситуаціях				

7. Дата видачі завдання 29 листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Nº ₂/⊓	Назва етапів роботи	Термін виконання	Примітка
3/11	Ознайомления з зарланиям до краліфікаційної роботи	29 11 2024	Ruvouano
2	Підбір наукових вхерен про комп'ютерну графіку	29 11 2024-04 12 2024	Βυνομαμο
۷.	програмие забезначения Blender иля прочетуристо	2)1112021 0111212021	Бикопипо
	програмне заосзпечения Diender для процедурного		
2	моделювання осописту посез.	29 11 2024-01 12 2024	Burouquo
5.	Опрацювання наукових пуолкаци та зогр даних по	2).11.2024-01.12.2024	Диконино
4	Темі процедурного моделювання.	02 12 2024 09 12 2024	Dumourguo
4.	виконання дослідження зіїдно мети кваліфікаційної	02.12.2024-09.12.2024	Биконино
5	росоти для задач процедурного моделювання.	05 12 2024 00 12 2024	Dungungung
Э.	Оформлення розділу «Аналіз напрямку комп ютерної	03.12.2024-09.12.2024	Биконано
(Графіки»	06 12 2024 00 12 2024	D
6.	Оформлення розділу «Основи росоти з Geometry	00.12.2024-09.12.2024	Виконано
_	Nodes»	07 10 2024 00 12 2024	D
/.	Оформлення розділу «Практичного використання	07.12.2024-09.12.2024	Виконано
0	Geometry Node»	02 12 2024 00 12 2024	D
8.	Виконання завдання до підрозділу «Вплив тривалого	02.12.2024-09.12.2024	Виконано
0	сидіння на здоров'я працівників офісу»	02 12 2024 00 12 2024	D
9.	Виконання завдання до підрозділу «Правила безпеки	02.12.2024-09.12.2024	Виконано
	при виникненні аварій на електричних приладах в		
10	οφιcι.»	10 10 0004 11 10 0004	
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	10.12.2024-11.12.2024	Виконано
11.	Нормоконтроль	12.12.2024-13.12.2024	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	16.12.2024	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	17.12.2024	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	27.12.2024	
1		1	1

Студент

(підпис)

Топольніцький Н.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Небесний Р.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Застосування Geometry Nodes в програмному пакеті Blender для задач процедурного моделювання. // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Топольніцький Назарій Михайлович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерноінформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2024 // С. 72, рис. – 38, табл. – 0, кресл. – 17, додат. – 2, бібліогр. – 58.

Ключові слова: 3d-моделювання, генерація геометрії, автоматизація моделювання, blender, geometry nodes, процедурне моделювання, вузли.

Кваліфікаційна робота присв'ячена розробці методів процедурного моделювання в Blender за допомогою Geometry Nodes для створення 3D-об'єктів. В першому розділі описано основи комп'ютерної графіки, основні програми для моделювання, а також застосування процедурного підходу.

В другому розділі досліджено роботу з Geometry Nodes, техніки створення геометрії та порівняння класичного і процедурного моделювання.

В третьому розділі описано створення моделі блискавки за допомогою Geometry Nodes, аналіз етапів моделювання і налаштування параметрів. Об'єкт дослідження: 3D-моделювання в Blender. Предмет дослідження: технології процедурного моделювання для створення 3D-об'єктів.

ANNOTATION

Uusing of Geometry Nodes in the Blender software package for procedural modeling tasks. // The educational level "Master" qualification work // Topolnitskyi Nazarii // Ternopil Ivan Pulyuy National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, SNm-61 group // Ternopil, 2024 // P. 72, fig. - 38, tables - 0, posters - 17, annexes - 2, ref. - 58.

Key words: 3d modeling, geometry generation, modeling automation, blender, geometry nodes, procedural modeling, nodes.

The qualification work is devoted to the development of methods of procedural modeling in Blender using Geometry Nodes to create 3D objects. The first chapter describes the basics of computer graphics, the main modeling programs, and the application of the procedural approach.

The second chapter explores working with Geometry Nodes, geometry creation techniques, and a comparison of classical and procedural modeling.

The third section describes the creation of a lightning model using Geometry Nodes, analysis of the modeling stages and parameter settings. Object of study: 3D modeling in Blender. Subject of study: procedural modeling technologies for creating 3D objects.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Bezier Curve – тип кривої, що використовується для створення плавних ліній.

Capture Attribute – вузол в Geometry Nodes, що використовується для захоплення значень атрибутів на геометрії.

Curve Length – вузол, що виводить довжину всієї кривої.

Displace – модифікатор або вузол, що зміщує точки геометрії на основі текстур або значень.

Emission – параметр матеріалу, що додає ефект світіння для об'єктів.

Extrude – інструмент моделювання для створення нових частин геометрії шляхом витягування з існуючих.

GN - Geometry Nodes

Instance on Points – вузол в GN, що інстанціює об'єкти на заданих точках.

Mesh – 3D-об'єкт, що складається з точок (вершин), ребер та граней.

Noise Texture – текстура, що генерує випадкові зміщення для створення шуму.

Normal – вектор, що визначає орієнтацію поверхні або об'єкта в просторі.

Resolution – параметр, що визначає кількість точок на кривій або в геометрії для досягнення більшої деталізації.

Scale – зміна розміру об'єкта чи елементів у 3D-просторі.

Spline Length – вузол в Geometry Nodes, який визначає довжину сплайна.

Spline Parameter – вузол для обчислення відстані точок на сплайні в GN.

Subdivide – процес розділення граней або об'єктів на дрібніші.

Subdivision Surface – модифікатор, що дозволяє підвищити деталізацію 3Dмоделей через поділ поверхні.

Trim Curve – вузол для обрізання кривої на певних ділянках в GN.

3MICT

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ НАПРЯМКУ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ	9
1.1 Аналіз галузі комп'ютерної графіки	9
1.2 Огляд програмного забезпечення1	0
1.3 Огляд основних типів вузлів14	4
1.4 Процедурне моделювання в інших програмах 1	7
1.5 Висновок 20	0
2 OCHOBИ POБOTИ 3 GEOMETRY NODES 2	1
2.1 Поняття та структура Geometry Nodes2	1
2.2 Принципи роботи з вузлами (Nodes) у Blender 2.	5
2.3 Процедурні методи створення об'єктів 30	0
2.4 Техніки та підходи до процедурного моделювання	3
2.5 Висновок 3:	5
3 ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ GEOMETRY NODE	7
3.1 Підбір референсів 3'	7
3.2 Приклади практичного використання Geometry Nodes 4	0
3.3 Моделювання класичним методом 52	2
3.4 Порівняння класичного і процедурного методів моделювання 5	7
3.5 Висновок 59	9
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 6	1
4.1 Вплив тривалого сидіння на здоров'я працівників офісу 6	1
4.2. Правила безпеки при виникненні аварій на електричних приладах	
в офісі	2
4.3. Висновок 6.	5
ВИСНОВКИ	6
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ	7
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі тривимірна графіка (3D-графіка) набуває все більшого значення в різних галузях, включаючи кіноіндустрію, ігрову індустрію, архітектурне моделювання, дизайн продуктів і візуалізацію наукових даних. Високі вимоги до якості зображень та ефективності процесів створення 3D-контенту спонукають до розробки нових інструментів і методів, які дозволяють підвищити продуктивність та гнучкість у роботі з тривимірними об'єктами. Одним із таких інноваційних інструментів є Geometry Nodes y Blender, програмному забезпеченні з відкритим кодом, яке використовується для моделювання, анімації та рендерингу 3D-графіки. Geometry Nodes представляє собою систему процедурного моделювання, яка дозволяє створювати складні 3D-об'єкти та сцени шляхом комбінації різних вузлів (nodes) і їх параметрів.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є дослідження можливостей та потенціалу Geometry Nodes у Blender для процедурного моделювання тривимірних об'єктів та сцен.

Ознайомитися зі структурою системи Geometry Nodes та її основними компонентами.

– Визначити основні типи вузлів та їхню функціональність.

– Проаналізувати можливості та обмеження Geometry Nodes у створенні складних тривимірних об'єктів.

– Провести практичне моделювання тривимірного об'єкта з використанням Geometry Nodes.

– Порівняти процедуру моделювання за допомогою Geometry Nodes з традиційними методами 3D-моделювання.

Об'єкт дослідження процеси процедурного моделювання тривимірних об'єктів і сцен з використанням Geometry Nodes у Blender.

Предмет дослідження. методи процедурного моделювання та створення тривимірних об'єктів з використанням Geometry Nodes.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає в тому, що досліджено та розроблено нові підходи до процедурного моделювання тривимірних об'єктів.

Практичне значення одержаних результатів. Виконано порівняльний аналіз ефективності процедурного моделювання з використанням Geometry Nodes у порівнянні з традиційними методами 3D-моделювання.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на VIII міжнародної науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2024 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференції (Див. додатки А).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 56 найменувань та 2 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 74 сторінки, з них 52 сторінки основного тексту, який містить 38 рисунків та 0 таблиць.

1 АНАЛІЗ НАПРЯМКУ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ

1.1 Аналіз галузі комп'ютерної графіки

Галузь комп'ютерної графіки сьогодні є однією з найбільш швидко розвиваючих ся та інноваційних сфер в технологіях, що об'єднує в собі науки про комп'ютери, мистецтво та інженерію. Вона охоплює всі аспекти створення візуальних зображень та анімацій, від 3D-моделювання та рендерингу до віртуальної та доповненої реальності, що дозволяє користувачам взаємодіяти з віртуальними світом у реальному часі.

Основні напрямки в галузі комп'ютерної графіки:

 Анімація: Створення рухомих зображень і персонажів є однією з основних областей застосування комп'ютерної графіки. Анімація застосовується у фільмах, відеоіграх, рекламі та візуалізації.

2. 3D-моделювання: Процес створення тривимірних об'єктів, який застосовується в архітектурному проектуванні, промисловому дизайні, медицині та інших сферах. Процедурне моделювання значно полегшує цей процес, дозволяючи автоматизувати створення складних структур [1].

3. Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR): Ці технології використовують комп'ютерну графіку для створення інтерактивних середовищ, що дозволяють користувачам взаємодіяти з віртуальними або реальними об'єктами через цифрові пристрої [2].

4. Візуалізація даних: Комп'ютерна графіка дозволяє створювати візуальні інтерфейси для обробки великих масивів даних, що застосовуються в науці, медицині, економіці та освіті.

5. Ігрова індустрія: Сучасні відеоігри є одним з основних драйверів розвитку комп'ютерної графіки. Тут застосовуються передові методи для створення інтерактивних 3D-середовищ, реалістичних персонажів і складних візуальних ефектів.

Тенденції розвитку комп'ютерної графіки:

• Процедурне моделювання: Одна з найважливіших тенденцій в комп'ютерній графіці — це використання процедурного підходу для автоматичного створення геометрії та ефектів. Це дозволяє значно зменшити час, необхідний для моделювання, і дає більшу гнучкість при роботі з великими обсягами даних [3].

• Реалістичні візуальні ефекти: Завдяки розвитку графічних процесорів (GPU) та алгоритмів рендерингу, сучасні фільми та відеоігри мають неймовірно реалістичні візуальні ефекти, що стали можливими завдяки інноваціям в області комп'ютерної графіки.

• Інтерактивність: Віртуальна реальність та доповнена реальність відкривають нові горизонти для створення інтерактивних досвідів, де користувач може безпосередньо взаємодіяти з графічними елементами.

Ці напрямки та тенденції демонструють, як комп'ютерна графіка продовжує еволюціонувати, даючи нові можливості для інновацій у різних галузях.

1.2 Огляд програмного забезпечення

Комп'ютерна графіка є невід'ємною частиною сучасних технологій, охоплюючи процеси створення та обробки зображень, а також тривимірних об'єктів і сцен. Ці технології використовуються в різних галузях, від кінематографії та анімації до відеоігор, наукової візуалізації та інженерії. Основним завданням комп'ютерної графіки є створення зображень і об'єктів, які можуть відображати реальний світ або бути вигаданими, але при цьому виглядати правдоподібно або естетично.

Для ефективного виконання задач комп'ютерної графіки розроблено безліч програмних продуктів, що пропонують спеціалізовані інструменти для моделювання, рендерингу, анімації та створення візуальних ефектів. Вони дозволяють художникам і розробникам реалізувати свої творчі ідеї, а також автоматизувати багато етапів роботи. Одним із важливих інструментів у цій галузі є процедурне моделювання, яке дає змогу автоматично генерувати геометрію за допомогою алгоритмів і правил. Це значно спрощує процес створення складних об'єктів і сцен, оскільки дозволяє не вручну моделювати кожен елемент, а замість цього використовувати алгоритми для їх автоматичної генерації.

Процедурне моделювання знайшло своє застосування в багатьох програмах для 3D-моделювання, рендерингу та анімації. Найпопулярніші програмні продукти, що використовують цей підхід, включають [4].

Blender — це потужне, безкоштовне та відкрито доступне програмне забезпечення для 3D-графіки, яке включає інструменти для моделювання, текстурування, рендерингу, анімації та створення візуальних ефектів. Однією з ключових функцій Blender є Geometry Nodes, система вузлів, яка дозволяє створювати складні геометричні структури через алгоритмічне з'єднання вузлів. Це дає змогу користувачам генерувати ландшафти, органічні об'єкти, будівлі і багато інших елементів автоматизовано, змінюючи лише параметри вузлів. На рисунку 1.1 зображено приклад створення об'єкта за допомогою Geometry Nodes.



Рисунок 1.1 – Приклад створення об'єкта за допомогою Geometry Nodes.

Houdini від компанії SideFX є однією з найбільш потужних програм для процедурного моделювання та створення візуальних ефектів, широко

застосовуваною в кіноіндустрії та відеоіграх. Houdini використовує систему вузлів, що дозволяє створювати складні 3D-об'єкти, а також реалізовувати симуляції рідин, часток, вогню, диму тощо. Особливістю Houdini є його здатність обробляти великий обсяг даних, що дозволяє використовувати його для створення великих віртуальних світів та складних ефектів, таких як вибухи або хвилі [6]. На рисунку 1.2 зображено приклад процедурного моделювання в Houdini.



Рисунок 1.2 – Приклад процедурного моделювання в Houdini.

Мауа — це одна з найпопулярніших програм для 3D-моделювання та анімації, яка широко використовується в кінематографії, а також в ігровій індустрії. Вона підтримує процедурне моделювання через свою систему Bifrost, яка дозволяє автоматизувати створення складних моделей і ефектів, таких як симуляції води, диму та інших природних явищ. Мауа також має потужні інструменти для роботи з анімацією персонажів, текстурами і світлом [7]. На рисунку 1.3 зображено процедурне моделювання в Мауа за допомогою Bifrost.



Рисунок 1.3 – Процедурне моделювання в Мауа за допомогою Bifrost.

Unreal Engine 5 — це рушій для створення інтерактивних 3D-середовищ, що використовується переважно для розробки відеоігор, а також для створення візуалізацій в реальному часі [8]. UE5 підтримує процедурне моделювання через інструменти, такі як Blueprints, Niagara та Procedural Mesh Generation, що дає можливість автоматично генерувати 3D-об'єкти і ефекти в реальному часі. UE5 активно застосовується для створення великих відкритих світів у ігрових проектах, де важливо генерувати контент за допомогою алгоритмів, а не вручну.

Процедурне моделювання в UE5 значно прискорює створення великих відкритих світів, де важливо генерувати контент алгоритмічно, зберігаючи високу гнучкість і адаптивність середовища в реальному часі [9]. Це дозволяє розробникам створювати масштабні та динамічні світи для ігор та віртуальних середовищ. На рисунку 1.4 зображено приклад генерації ландшафтів в Unreal Engine 5.



Рисунок 1.4 – Приклад генерації ландшафтів в Unreal Engine 5.

Всі зазначені програми — Blender, Houdini, Maya, Unreal Engine 5, надають інструменти для процедурного моделювання, що дозволяє прискорити процес розробки, зберігаючи при цьому високу точність і контроль за кінцевим результатом. Кожен із цих інструментів має свої переваги і застосовується в різних сферах, таких як ігри, анімація, кіно і наукові дослідження.

1.3 Огляд основних типів вузлів

Процедурне моделювання в Blender і інших програмах, таких як Houdini або Maya, peaniзується через систему вузлів (nodes). Вузли виконують певні операції для генерації або модифікації геометрії. Вони можуть бути об'єднані в складні алгоритми, що дозволяє автоматично створювати або змінювати 3Dоб'єкти на основі певних параметрів. Всі вузли можна об'єднувати у графі, що дає можливість створювати складні процеси і обчислення, необхідні для моделювання.

Існує кілька основних типів вузлів, кожен з яких виконує свою роль у процесі процедурного моделювання [10].

Геометричні вузли є основою для створення та модифікації 3D-форм. Вони працюють із самою геометрією, включаючи точки, ребра, грані та поверхні. Ці вузли дозволяють не тільки створювати прості геометричні форми (наприклад, куби або сфери), а й змінювати їх структуру залежно від заданих параметрів.

Геометричні вузли використовуються для:

- Створення базових форм (сфери, куби, конуси тощо).
- Трансформацій геометрії (переміщення, обертання, масштабування).
- Маніпулювання точками і структурами на рівні поверхні.

На рисунку 1.5 зображено геометричного вузла для створення базової форми.



Рисунок 1.5 – Геометричного вузла для створення базової форми.

Математичні вузли виконують різноманітні операції з числами та математичними функціями. Вони є необхідними для обчислення відстаней, виконання трансформацій та зміщення елементів геометрії, а також для застосування різних функцій, таких як синуси, косинуси чи логарифми [10].

Ці вузли можуть бути використані для:

• Обчислення відстаней між точками чи іншими елементами.

• Виконання обертання, масштабу, зсуву геометрії.

• Зміни координат точок або цілісних об'єктів за допомогою математичних формул.

На рисунку 1.6 зображено математичний вузла для обчислення обертання об'єкта.



Рисунок 1.6 – Математичний вузла для обчислення обертання об'єкта.

Атрибутивні вузли займаються роботою з атрибутами геометрії, що визначають додаткові характеристики точок, ребер або граней. Ці атрибути можуть включати колір, текстуру, нормалі, вага і навіть фізичні властивості, такі як жорсткість або пружність [10]. Атрибути дозволяють створювати більш складні та деталізовані моделі, змінюючи їх вигляд або поведінку в залежності від значень цих атрибутів.

Атрибутивні вузли використовуються для:

- Призначення кольору точкам, створення градієнтів.
- Застосування текстур до поверхонь.
- Маніпулювання нормалями для зміни вигляду поверхонь.

• Створення складних анімацій і змін поверхні, що базуються на атрибутах (наприклад, зміна форми об'єкта в залежності від часу або інших змінних).



На рисунку 1.7 зображено приклад вузла для зміни кольору геометрії.

Рисунок 1.7 – Приклад вузла для зміни кольору геометрії.

Кожен тип вузлів — геометричні, математичні та атрибутивні — є важливим елементом процедурного моделювання. Геометричні вузли дозволяють створювати й змінювати базову структуру об'єкта, математичні вузли обчислюють необхідні трансформації, а атрибутивні вузли додають деталізацію, змінюючи зовнішній вигляд і поведінку елементів геометрії. Всі ці вузли працюють разом, дозволяючи створювати складні ітеративні моделі, що автоматично адаптуються до заданих параметрів, що робить процедурне моделювання ефективним і гнучким інструментом [10].

1.4 Процедурне моделювання в інших програмах

Крім Blender, існує кілька потужних програм для процедурного моделювання, що мають свої особливості, сильні сторони та певні обмеження. Кожна з цих програм орієнтована на різні типи робіт, такі як створення

візуальних ефектів, 3D-моделювання, анімація або інтерактивні середовища. Розглянемо основні з них:

Ноиdini від SideFX є однією з найпотужніших програм для процедурного моделювання та створення візуальних ефектів, активно застосовуваною в кінематографії, відеоіграх та рекламі. Houdini використовує систему вузлів, де кожен вузол виконує конкретну задачу в процесі створення 3D-моделей чи ефектів. Програма дозволяє створювати складні ландшафти, симуляції рідин, диму, вогню, а також механічні моделі [11].

Особливості:

- Потужні інструменти для створення ефектів, таких як вогонь, дим, вода.
- Велика гнучкість у налаштуванні процедурних алгоритмів.
- Підтримка роботи з великими даними та складними процесами.
- Інтуїтивно зрозуміла система вузлів для створення складних процедур.
 Плюси:
- Можливість створювати високоякісні візуальні ефекти.
- Підходить для роботи з великими проектами та складними симуляціями.

 Широкий набір інструментів для роботи з фізичними ефектами та частками.

Мінуси:

• Високий поріг навчання, складний інтерфейс.

• Вимагає потужних апаратних ресурсів, що може обмежити використання на менш потужних комп'ютерах.

• Вартість ліцензії є високою, що може бути недоступним для початківців або малих студій.

Мауа від Autodesk — це потужна програма для 3D-моделювання, анімації та рендерингу, яка також підтримує процедурне моделювання через систему Bifrost. Ця система дозволяє створювати процедурні ефекти та геометрії, а також генерувати складні 3D-об'єкти, симулювати фізичні явища і автоматизувати багато етапів моделювання [12].

Особливості:

• Потужні інструменти для створення симуляцій рідин, вогню, часток.

• Інтеграція з іншими програмами Autodesk для спрощення робочого процесу.

• Підтримка процедурних алгоритмів для створення складних моделей. Плюси:

• Потужний інструментарій для створення анімацій та моделювання.

• Інтеграція з іншими продуктами Autodesk для оптимізації робочих процесів.

• Підходить для високоякісних анімацій і великих проектів.

Мінуси:

• Висока вартість ліцензії, що може бути недоступним для невеликих студій або фрілансерів.

• Програма може бути складною для початківців, вимагає часу на освоєння.

• Деякі функції процедурного моделювання можуть бути менш гнучкими в порівнянні з іншими програмами.

Unreal Engine 5 (UE5) — це рушій для створення інтерактивних 3Dсередовищ, який активно застосовується для розробки відеоігор та візуалізацій в реальному часі. UE5 підтримує процедурне моделювання через інструменти, такі як Blueprints, Niagara та Procedural Mesh Generation. У порівнянні з іншими програмами, UE5 більше орієнтований на генерацію контенту в реальному часі для інтерактивних додатків [13].

Особливості:

• Niagara: Система для створення процедурних ефектів (дим, вогонь, частки).

• Procedural Mesh Generation: Можливість генерувати 3D-геометрію в реальному часі, що адаптується до змін у грі.

• Blueprints: Візуальне програмування для автоматизації процесу створення об'єктів і рівнів.

Плюси:

• Широкі можливості для створення інтерактивних 3D-середовищ в реальному часі.

• Потужні інструменти для створення ефектів часток і симуляцій.

• Безкоштовна ліцензія для використання в комерційних проектах до певного рівня доходу.

Мінуси:

• Більше орієнтований на ігрові проекти, ніж на створення класичних 3Dмоделей чи анімацій.

• Для новачків може бути складним в освоєнні, особливо в роботі з Blueprints.

• Потребує високих апаратних вимог для рендерингу складних сцен у реальному часі

Використання UE5 в процедурному моделюванні дозволяє створювати масштабовані і інтерактивні 3D-світи, але потребує певного рівня знань для ефективного застосування інструментів. Цей рушій ідеально підходить для проектів, де важливі реальний час і інтерактивність контенту [14].

1.5 Висновок

Процедурне моделювання в програмах, таких як Blender, Houdini, Maya, Unreal Engine 5 та інших, є потужним інструментом для створення складних 3Dоб'єктів та ефектів. Використання цього підходу дозволяє значно підвищити ефективність розробки, автоматизувати багато етапів роботи та знизити час, необхідний для створення великих і детальних моделей.

Ці програми надають великі можливості для різних сфер: від кінематографії і відеоігор до наукових досліджень. Процедурне моделювання дозволяє генерувати об'єкти та ефекти за допомогою алгоритмів, що відкриває нові горизонти для творчості, надаючи більше контролю над результатами. Це також дає можливість автоматизувати складні процеси, що є важливим для великих проектів, де необхідно створювати велику кількість елементів.

Таким чином, процедурне моделювання не тільки покращує ефективність і швидкість роботи, але й розширює можливості для інновацій у створенні 3D-контенту, відкриваючи нові перспективи для розробників та художників.

2 ОСНОВИ РОБОТИ 3 GEOMETRY NODES

2.1 Поняття та структура Geometry Nodes

Geometry Nodes є потужним інструментом в програмному забезпеченні Blender, який дає змогу створювати 3D-об'єкти та ефекти за допомогою процедурного підходу. Цей підхід дозволяє значно спростити процес моделювання, дозволяючи автоматично генерувати геометрію на основі заданих алгоритмів і параметрів. Замість того, щоб вручну моделювати кожну деталь об'єкта, користувач може налаштувати вузли (nodes), що взаємодіють один з одним, створюючи складні геометричні структури, текстури та ефекти.

Процедурне моделювання в Geometry Nodes базується на обробці геометрії об'єкта через набір вузлів, які виконують операції з точками, ребрами, гранями та іншими елементами геометрії. Це дозволяє створювати як прості, так і дуже складні моделі, від ландшафтів до органічних форм, залежно від налаштувань та алгоритмів, заданих користувачем. Замість того, щоб моделювати кожну деталь вручну, користувач може застосовувати ці вузли для автоматизації цього процесу.

Geometry Nodes має свою структуру, яка складається з кількох типів вузлів, кожен з яких виконує конкретну задачу. Вузли працюють в єдиній системі, де дані передаються від одного вузла до іншого, виконуючи операції над геометрією. Нижче наведено основні компоненти цієї структури [16].

Вузли вводу/виводу є початковими і кінцевими точками в системі Geometry Nodes. Вони виконують роль передачі даних між різними частинами системи. Вузли вводу приймають дані з інших частин проекту або з зовнішніх джерел, таких як геометрія, атрибути або параметри, а вузли виводу передають результат на наступні етапи процесу або до кінцевого результату [17].

Основні функції вузлів вводу/виводу:

• Input Geometry: Завантаження початкової геометрії (наприклад, куба, сфери, конуса тощо).

• Output Geometry: Повернення результату після всіх операцій моделювання.

• Attribute Input/Output: Отримання та передача атрибутів, таких як колір, текстури, нормалі.

На рисунку 2.1 зображено схема, що показує з'єднання вузлів вводу і виводу в Geometry Nodes.



Рисунок 2.1 – З'єднання вузлів вводу і виводу в Geometry Nodes.

Вузли операцій виконують математичні та геометричні трансформації над даними, що поступають з інших вузлів [16]. Це основні інструменти для створення і зміни геометрії, зокрема для обертання, масштабування, переміщення, деформації об'єктів тощо. Вони дозволяють маніпулювати формою і властивостями об'єктів, що дає повний контроль над геометрією [17].

Основні функції вузлів операцій:

• Transformation Nodes: Зміщення, обертання, масштабування об'єктів.

• Boolean Operations: Поєднання або віднімання об'єктів для створення нових форм.

• Subdivide: Поділ елементів геометрії для створення більш деталізованих форм.

• Curve to Mesh: Перетворення кривих у 3D-геометрію.

На рисунку 2.2 зображено приклад схеми з'єднання вузлів операцій для створення складної геометрії.



Рисунок 2.2 – З'єднання вузлів для створення складної геометрії.

Вузли атрибутів маніпулюють різними властивостями геометрії, такими як колір, текстури, нормалі, вага та інші атрибути, що визначають зовнішній вигляд і поведінку об'єктів. Ці вузли дозволяють створювати складнішу геометрію, враховуючи такі фактори, як освітлення, матеріали та текстури [18].

Основні функції вузлів атрибутів:

• Attribute Color: Зміна кольору точок або граней геометрії.

• Attribute Noise: Додавання випадкових змін для створення природних форм.

• Attribute Randomize: Випадкове налаштування атрибутів для кожної точки або елемента об'єкта (наприклад, для дерев або каменів).

• Attribute Vector: Робота з векторними атрибутами, такими як нормалі.

На рисунку 2.3 зображено Приклад додавання випадкових відмінностей до геометрії через атрибути.



Рисунок 2.3 – Додавання випадкових відмінностей до геометрії.

У Geometry Nodes кожен вузол виконує певну операцію, після чого передає результат наступному вузлу через з'єднувальні лінії. Дані рухаються від одного вузла до іншого, поки не буде досягнуто бажаного результату. Користувач може комбінувати кілька вузлів для створення складних моделей або ефектів, адаптуючи їх під конкретні потреби [19].

Процес роботи з вузлами в Blender простий і зручний завдяки інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, але вимагає певного розуміння принципів процедурного моделювання. Завдяки тому, що всі вузли є модульними, можна

швидко змінювати параметри та налаштовувати геометрію, не починаючи процес з нуля [20].

На рисунку 2.4 зображено схема з'єднання різних типів вузлів в одному графі для створення об'єкта.



Рисунок 2.4 – Схема з'єднання різних типів вузлів.

Geometry Nodes у Blender є потужним інструментом для процедурного моделювання, що дозволяє ефективно працювати з 3D-геометрією через систему вузлів. Цей підхід дає користувачам велику гнучкість у створенні складних моделей та ефектів, автоматизуючи процеси, які раніше потребували багато часу і зусиль. Кожен тип вузлів (введення/виведення, операції, атрибути) виконує свою унікальну задачу, що дозволяє комбінувати їх для досягнення бажаних результатів [21].

2.2 Принципи роботи з вузлами (Nodes) у Blender

Geometry Nodes в Blender — це потужний інструмент для створення процедурних моделей, який базується на візуальному програмуванні. Замість написання коду, користувач створює алгоритми шляхом з'єднання вузлів у графі,

що дозволяє генерувати та модифікувати геометрію. Такий підхід дає значну гнучкість і дозволяє досягти складних результатів без необхідності мати глибокі знання програмування [22].

Першим етапом є створення нової системи вузлів. Для цього користувач відкриває вкладку Geometry Nodes в Blender, що дозволяє працювати з цією системою. Це забезпечує можливість комбінувати різні вузли, що виконують специфічні операції, для досягнення бажаного результату. Користувач може почати з порожньої сцени або додати базову геометрію, на якій буде працювати система вузлів. Рекомендація: Завжди починати з простих форм і поступово додавати складніші елементи.

На рисунку 2.5 зображено створення нової системи вузлів через вкладку Geometry Nodes.



Рисунок 2.5 – Створення нової системи вузлів

Кожен вузол виконує певну операцію. Це може бути створення нових точок, зміна атрибутів, виконання математичних обчислень або генерація геометрії. Вузли додаються до системи через меню Add в інтерфейсі Geometry Nodes. Існують різні типи вузлів: геометричні, математичні, атрибутивні, а також вузли для роботи з масивами і трансформаціями. Важливо розуміти функціональність кожного вузла для правильного комбінування в мережі [23].

Рекомендація: Використовувати вузли, які найкраще підходять для конкретних завдань, таких як Add Point для додавання точок або Set Curve Radius для налаштування радіусів кривих. На рисунку 2.6 зображено меню додавання вузлів і вибору типу вузлів.

	Add				Edge Ang Edge Neig Edge Vert Edges to I	le ghbors ices Face Groups	
ometry Nodes	Search Attribute Input Output				Face Area Face Grou Face Neig Is Face Pl	a up Boundaries Ihbors Ianar	etry No
	Geometry Curve Instances				Is Face Si Is Edge S Mesh Isla Shortest E	mooth mooth ind Edge Paths	
	Mesh Point Volume Simulation	• • •	Read Sample Write Operations		Vertex Ne	ighbors	
n n	Material Texture Utilities		Primitives Topology UV				
	Group Layout Hair			ئە «az	m		
	Normals			V Mesh	ta Currie		

Рисунок 2.6 – Приклад меню додавання вузлів і вибору типу вузлів.

Основною особливістю роботи з Geometry Nodes є з'єднання вузлів. Данні передаються через дроти, що з'єднують вихід одного вузла з входом іншого. Це дозволяє створювати складні алгоритми, де результат одного вузла може бути використаний як вхід для наступного. Вузли можуть бути з'єднані в різних варіантах, залежно від типу операцій, які потрібно виконати: від простих трансформацій до складних процедурних генерацій [24].

Рекомендація: Переконатися, що вузли правильно з'єднані між собою для уникнення помилок, таких як неправильний тип даних або відсутність зв'язків. На рисунку 2.7 зображено схему з'єднання вузлів у Blender



Рисунок 2.7 – Схема з'єднання вузлів.

Після з'єднання вузлів користувач може переглядати результати в 3Dпросторі Blender. Це дозволяє побачити, як зміни в кожному вузлі впливають на кінцевий результат. Користувач може візуально перевіряти моделі, обертати їх у 3D-просторі, застосовувати різні види перегляду (наприклад, Wireframe aбo Solid view), щоб переконатися, що все працює як треба. Це дозволяє оперативно коригувати налаштування вузлів, не витрачаючи часу на довгі процеси рендерингу [25].

Рекомендація: Використовувати "Live Preview" для відображення змін у реальному часі, що дозволяє ефективно виявляти помилки і коригувати налаштування на місці. На рисунку 2.8 зображено візуалізацію результатів моделювання в 3D-просторі після застосування GN.



Рисунок 2.8 – Візуалізація результатів моделювання.

Кожен вузол може мати налаштування, які впливають на результат. Наприклад, у вузлах для трансформації можна налаштувати параметри обертання, масштабування чи переміщення. Вузли для генерації можуть мати параметри, які змінюють частоту точок або складність моделі. Налаштування параметрів дає можливість гнучко змінювати кінцевий результат без необхідності змінювати саму структуру вузлів [26].

Рекомендація: Регулярно перевіряти параметри вузлів під час роботи, щоб досягти бажаного результату і уникнути непотрібних змін у системі вузлів. На рисунку 2.9 зображено налаштувань параметрів вузлів.



Рисунок 2.9 – Налаштувань параметрів вузлів.

Для складних процедурних моделей важливо звертати увагу на ефективність виконання алгоритмів. Використання занадто великої кількості вузлів може призвести до значного сповільнення роботи. Тому важливо стежити за оптимізацією мережі вузлів, використовуючи кешування, обмеження вхідних даних і налаштування якості обчислень [27].

Рекомендація: Використовувати оптимізовані вузли та техніки для роботи з великими даними, щоб покращити ефективність і продуктивність.

2.3 Процедурні методи створення об'єктів

Процедурне моделювання дозволяє створювати об'єкти та сцени за допомогою алгоритмів, без необхідності вручну моделювати кожен елемент. Цей підхід значно спрощує та прискорює процес створення складних моделей, адже завдяки автоматизації можна генерувати великі об'єкти або навіть цілий ландшафт із мінімальними зусиллями. Процедурне моделювання широко використовується в таких областях, як відеоігри, кіно, архітектура та візуалізація, де необхідна швидка генерація великих об'ємів контенту. Основна перевага процедурного підходу — це можливість змінювати параметри моделі в реальному часі, адаптуючи їх до змінних умов або вимог проекту. Крім того, цей метод дозволяє працювати з великими даними, де традиційні способи моделювання були б неефективними [28].

Одним із основних застосувань процедурного моделювання є генерація природних ландшафтів, таких як гори, річки, ліси та інші природні об'єкти. Для цього використовуються алгоритми генерації точок та нормалей на основі певних математичних функцій. Наприклад, для створення гористих ландшафтів можуть застосовуватись алгоритми, що базуються на Noise Texture, які генерують випадкові, але плавні зміни висоти поверхні. Це дозволяє створювати різноманітні природні форми з високим рівнем реалізму.

Рекомендація: Використовувати різні методи шейдингу та карт нормалей для досягнення більш реалістичного вигляду ландшафтів. На рисунку 2.10 зображено генерація ландшафту з використанням Noise Texture



Рисунок 2.10 – Генерація ландшафту з використанням Noise Texture.

Процедурне моделювання також використовується для створення механічних елементів, таких як шестерні, колеса, складні механізми, а також органічних форм, наприклад, дерев, рослин або навіть тварин. Алгоритми дозволяють автоматично генерувати складні структури, що змінюються залежно від параметрів, що задаються користувачем. Це дає можливість швидко створювати складні, але економічні в плані часу моделі, які зазвичай потребують великої кількості ручної праці [29].

Рекомендація: Для створення органічних форм можна використовувати Curve Nodes або Mesh Primitive Nodes. Curve to Mesh, який дозволяє генерувати дерева та інші рослинні структури.

Процедурне створення текстур та матеріалів дозволяє автоматично генерувати текстури для об'єктів без необхідності застосування традиційного методу малювання текстур вручну. Процедурні текстури часто використовуються для створення складних візуальних ефектів, таких як пошкодження поверхні, природні відбитки, сліди часу чи вік поверхні. Це дозволяє зберігати високий рівень реалізму без великої кількості детально пророблених текстур, що може бути особливо важливим для великих проектів, як відеоігри або анімації.

Рекомендація: Для створення складних матеріалів можна комбінувати різні типи процедурних текстур, такі як Color Ramp. На рисунку 2.11 зображено використання процедурних текстур



Рисунок 2.11 – Приклад використання процедурних текстур.

Процедурні методи створення об'єктів дозволяють працювати з великими об'ємами даних і великими сценами. Оскільки кожен об'єкт генерується за

допомогою алгоритмів, змінюючи лише параметри, користувач може легко масштабувати модель або змінювати її частини, не впливаючи на інші елементи. Це також дозволяє створювати величезні світи або об'єкти, які вимагають значно менше часу та ресурсів для обробки порівняно з традиційним підходом моделювання [30].

Рекомендація: Використовувати оптимізацію процедурних моделей для великих сцен, де важлива ефективність рендерингу.

2.4 Техніки та підходи до процедурного моделювання

Процедурне моделювання в Blender використовує кілька технік для створення складних 3D-об'єктів і ефектів. Ці методи дозволяють художникам і розробникам згенерувати великі обсяги контенту або створювати об'єкти, які змінюються і адаптуються до змінних параметрів. Використання таких технік дозволяє значно підвищити ефективність роботи, а також забезпечити вищу варіативність і реалістичність моделей.

Один з основних підходів у процедурному моделюванні — це використання випадкових значень для створення варіативності. Цей підхід дозволяє створювати множину різних варіантів одного об'єкта без необхідності вручну змінювати кожну деталь. Наприклад, рандомізація широко застосовується при створенні природних форм — дерев, каменів, листя та інших органічних структур. Завдяки рандомізації, кожен об'єкт набуває унікальних характеристик, що додає реалістичності [31].

Рекомендація: Використовувати Attribute Randomize в GN для створення варіативних властивостей об'єктів, таких як розмір, позиція, колір або форма. На рисунку 2.12 зображено приклад використання рандомізації для створення групи каменів, де кожен об'єкт має різні параметри.



Рисунок 2.12 – Приклад використання рандомізації.

Фрактальні методи базуються на ідеї самоподібності, коли кожна частина об'єкта є зменшеною копією цілого. Ці алгоритми можуть застосовуватися для створення складних, органічних форм, таких як дерева, рослини або ландшафти. Процедурне фрактальне моделювання забезпечує високу деталізацію, оскільки кожен новий рівень створюється за тією ж схемою, що і попередній, надаючи об'єктам природний вигляд [32].

Цей підхід передбачає використання числових або логічних параметрів для генерації різноманітних варіацій об'єкта. Зміна таких параметрів, як розмір, форма, пропорції або складність, дозволяє створювати варіанти об'єкта з однієї базової геометрії. Це ідеально підходить для створення множини об'єктів з однаковою базою, але різними характеристиками.

Рекомендація: Використовувати Attribute Combine та Vector Math для контролю геометрії на основі числових або логічних змінних, наприклад, для створення варіативних стовбурів дерев або будівельних елементів.

Секвенційні алгоритми дозволяють створювати об'єкти шляхом послідовного застосування певних процедур або ланцюгів операцій, де кожен наступний вузол змінює параметри або геометрію об'єкта на основі попереднього. Цей підхід ефективно застосовується для створення складних структур, де результат одного вузла служить основою для роботи наступного. На

рисунку 2.13 зображено приклад секвенційного алгоритму для побудови складної структури, де кожен вузол модифікує попередній.



Рисунок 2.13 – Побудування складної структури.

Рекомендація: Використовувати Curve to Mesh або Instance on Points для побудови складних ланцюгів або структур, де кожен етап залежить від попереднього.

2.5 Висновок

У розділі 2 було детально розглянуто основні методи та техніки процедурного моделювання в Blender, зокрема можливості, що надає система GN для створення складних 3D-об'єктів і сцен. Процедурне моделювання дозволяє автоматизувати процес створення геометрії, що значно знижує час на розробку та забезпечує високу гнучкість у створенні різноманітних моделей. Цей підхід дає можливість працювати з великими обсягами даних і значно прискорює
процес створення контенту, що є особливо важливим у таких галузях, як відеоігри, анімація, архітектурна візуалізація та інші.

Один з ключових аспектів, який розглядався в цьому розділі — це використання процедурних методів для автоматизації складних задач. Наприклад, для генерації ландшафтів можуть використовуватися алгоритми шуму, такі як Noise Texture aбо Perlin Noise, що дає змогу створювати реалістичні природні рельєфи без необхідності вручну моделювати кожен елемент ландшафту. Це дозволяє миттєво створювати масштабовані ландшафти, що адаптуються до різних умов.

Таким чином, завдяки процедурному підходу в Blender, художники та розробники мають можливість створювати масштабовані та адаптивні 3D-моделі, що дозволяє автоматизувати багато етапів створення контенту. Це є особливо корисним для великих проектів, де потрібно генерувати великі об'єми моделей або ефектів. Застосування таких методів дозволяє значно підвищити ефективність, скоротити час на розробку і створити моделі, які швидко адаптуються до змінних умов.

3 ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ GEOMETRY NODE

3.1 Підбір референсів

Підбір референсів є важливим етапом у процесі створення 3D-моделей, оскільки допомагає визначити ключові характеристики об'єкта, які необхідно врахувати при його моделюванні. У проекті, де використовуються блискавки як основний елемент, важливо правильно підібрати референсні матеріали для точного відтворення цього природного явища. Референси можна поділити на реальні та художні, залежно від того, чи потрібно створити точну фізичну модель блискавки, чи художньо інтерпретувати її.

Реальні референси є основою для створення точних і фізично правдоподібних моделей. Вони дозволяють зрозуміти, як блискавка виглядає в реальному світі, як її форма змінюється в різних умовах, і як вона взаємодіє з іншими елементами сцени [33].

Ресурси для реальних референсів:

• Фото і відео реальних блискавок: Фотографії та відео допомагають визначити, як блискавка виглядає під час грози, її форму, траєкторію і поведінку в різних атмосферних умовах. Використовуючи ці ресурси, можна точно відтворити реалістичну модель блискавки.

 Фізичні спостереження і наукові дані: Для точнішого розуміння електричних властивостей блискавки та її взаємодії з атмосферними умовами можуть бути корисні наукові спостереження, які пояснюють механізм виникнення блискавок та їхні характеристики.

На рисунку 3.1 зображено приклад реальної блискавки.



Рисунок 3.1 – Фото реальної блискавки.

Рекомендація: Для створення реалістичної моделі блискавки рекомендується використовувати фотографії та відео, щоб зрозуміти, як блискавка рухається, розпадається і взаємодіє з іншими елементами сцени. Для науково точних моделей можна також звертатися до метеорологічних досліджень і спостережень [34].

Художні референси використовуються для створення стилізованих, фантастичних або художніх інтерпретацій блискавок. Вони дають свободу візуалізувати блискавки поза межами реального світу, додаючи більше емоційності, динаміки чи абстракції.

Ресурси для художніх референсів:

• Концепт-арти та ілюстрації: Художні зображення, такі як концепт-арти з фільмів, відеоігор або анімацій, де блискавки зображені в емоційному або стилізованому вигляді, допомагають створити яскраві, виразні моделі, що підходять для фантастичних або драматичних сцен.

• Кадри з фільмів та відеоігор: Багато сучасних фільмів і відеоігор використовують стилізовані блискавки для створення ефектів і атмосферних сцен. Такі кадри можуть бути чудовими референсами для проектів, де потрібен сильний візуальний вплив.

На рисунку 3.2 зображено приклад художнього референсу блискавки.



Рисунок 3.2 – Художній референс блискавки.

Рекомендація: Для створення художніх і стилізованих моделей блискавок доцільно використовувати концепт-арти, кадри з фантастичних фільмів або анімацій, що дозволяють створити атмосферу або підкреслити певні емоції, пов'язані з блискавкою [35].

У випадку процедурного моделювання в Blender з використанням Geometry Nodes, референси допомагають налаштувати алгоритми генерації, щоб отримати бажану форму і вигляд об'єкта.

Для цього необхідно:

• Визначити, чи буде модель реалістичною або стилізованою.

• Вибрати відповідні параметри для створення геометрії (наприклад, для створення розгалужень блискавки або її спалаху).

Рекомендація: Для процедурного створення блискавки важливо мати чітке уявлення про її структуру (як вона повинна виглядати та як рухатиметься), що дозволить правильно налаштувати вузли в Geometry Nodes. На рисунку 3.3 зображено підібрані референсами для моделювання блискавки.



Рисунок 3.3 – Референси для процедурного моделювання блискавки.

Підбір референсів є важливою частиною процесу створення моделей блискавки. Правильний вибір між реальними і художніми референсами залежить від завдання проекту. Якщо потрібно створити реалістичну модель, слід використовувати фото і відео, що демонструють блискавки в реальних умовах, а для стилізованих або фантастичних моделей варто звертатися до художніх зображень і концепт-артів. Завдяки підбору якісних референсів можна отримати точне або емоційно виразне відтворення блискавки, що стане основою для її процедурного моделювання в Blender [34].

3.2 Приклади практичного використання Geometry Nodes

Geometry Nodes забезпечує широкі можливості для створення різноманітних об'єктів і сцен. Ось кілька прикладів практичного використання цієї системи в Blender. За приклад процедурного моделювання було використано приклад створення блискавки. Для початку відкриваємо новий файл у Blender та створюємо нову сцену. Можна видалити стандартний куб, оскільки він не буде використовуватися, або залишити його для тестових операцій. Це дасть чисте середовище для роботи з Geometry Nodes [36].

Наступним кроком створюємо криву, яка буде основою для блискавки. Використовуємо інструмент Bezier Curve або Path, щоб задати траєкторію, по якій блискавка буде рухатись. Крива повинна бути вигнута, щоб відтворити природну траєкторію блискавки.

Додаємо модифікатор Geometry Nodes до об'єкта та натискаємо New, щоб створити новий набір вузлів. Це дозволить працювати з кривою та додавати необхідні зміни для створення блискавки. На рисунку 3.4 зображено новий файл у Blender.



Рисунок 3.4 – Новий файл у Blender.

Щоб зробити нашу криву більш детальною і рівномірною, додаємо вузол Resample Curve. Цей вузол дозволяє збільшити кількість точок на кривій, що допомагає створити більш гладку і природну траєкторію для блискавки.

Після додавання вузла Resample Curve важливо змінити параметр Resolution. За замовчуванням він встановлений на 16, але для досягнення більш плавної і детальної форми потрібно змінити його на 64. Це збільшить кількість точок на кривій, що дозволить створити більш точну та детальну модель блискавки. На рисунку 3.5 зображено збільшить кількість точок на кривій.



Рисунок 3.5 – Збільшить кількість точок на кривій.

Для додавання шуму до блискавки, спершу використовуємо вузол Set Position, який дозволяє змінювати положення кожної точки на кривій. Цей вузол надає нам можливість створювати зміщення точок, що дозволяє додати природний вигляд до руху блискавки, змінюючи її траєкторію.

Далі для створення шуму використовуємо вузол Noise. Однак, для коректного використання шуму його потрібно перетворити за допомогою Vector Math. Спочатку застосовуємо Subtract для нормалізації значень шуму, зменшуючи їх до 0.5. Це дозволяє зберегти центр шуму навколо нульової точки, що дає більш збалансовану зміну положень точок на кривій. Потім додаємо ще один вузол Vector Math в режимі Multiply, щоб контролювати інтенсивність шуму, дозволяючи варіювати його силу і створювати більш хаотичний рух блискавки [37].

Для того, щоб шум мав правильну форму та варіативність у тривимірному просторі, використовуємо 4D Noise. Це дозволяє додати складність і деталізацію в модель, зменшуючи значення усіх параметрів, крім Scale та W, що відповідають за масштаб та ширину шуми, і встановлюємо їх на значення 1 для збереження стабільності.

Наступним кроком є створення групи вузлів, щоб автоматизувати основну криву. Для цього використовуємо Spline Parameter i Spline Length, щоб обчислити, наскільки далеко точка знаходиться вздовж кривої. Spline Parameter дає змогу рівномірно розподіляти точки вздовж сплайна, враховуючи відстань між ними. Це важливо для того, щоб точки на кривій не були нерівномірно розташовані. Spline Length виводить загальну довжину кожного сплайна, що допомагає точніше налаштувати відстань між точками та розмір кривої. На відміну від Curve Length, який обчислює загальну довжину всієї кривої, Spline Length фокусується лише на окремих сплайнах. На рисунку 3.6 зображено додавання шуму до блискавки.



Рисунок 3.6 – Додавання шуму до блискавки.

Для збільшення контролю над моделюванням блискавки, ми підключаємо вузол Spline Length до параметра Scale вузла Noise. Це дозволяє змінювати параметри шуму в залежності від довжини сплайна. Таким чином, на кожній частині кривої величина шуму буде варіюватися, створюючи ефект, при якому блискавка може мати різну інтенсивність чи деформацію в залежності від її довжини [38].

Для зручності контролю параметрів без необхідності відкривати групу вузлів, можна додати відповідні контролери в вузлі Group Input. Це дає змогу змінювати значення параметрів безпосередньо в панелі Geometry Nodes, що значно спрощує процес налаштування та дає більше гнучкості під час роботи.

Завдяки цьому підключенню і додаванню контролерів, ми отримуємо більше можливостей для точного управління параметрами блискавки, що дозволяє створювати ефекти, адаптуючи їх під різні умови, не відкриваючи кожен вузол окремо. Це дозволяє автоматизувати налаштування та зберігати чистоту і ефективність в роботі з процедурним моделюванням. На рисунку 3.7 зображено збільшення контролю над моделюванням блискавки.



Рисунок 3.7 – Збільшення контролю над моделюванням.

Наступним кроком у створенні блискавки буде додавання розгалужень, що зробить модель ще більш природною і реалістичною. Для цього будемо використовувати декілька вузлів для процедурного створення розгалужень і їх підключення до основної геометрії [37].

Першим етапом є використання вузла Instance on Points, який дозволяє інстанціювати об'єкти на певних точках. В даному випадку, ми будемо інстанціювати розгалуження на основних точках нашої кривої, що створює ефект розповсюдження блискавки. На кожній точці кривої буде генеруватися нове розгалуження, що дозволяє блискавці виглядати більш природно.

Для самих розгалужень використовуємо Curve Line, щоб створити лінії, що будуть представляти розгалуження блискавки. Ці лінії потім з'єднуються з основною геометрією блискавки за допомогою вузла Join Geometry. Це дає можливість з'єднати всі елементи разом і створити єдину структуру, що включає основну лінію блискавки і її розгалуження [38].

Для того, щоб розгалуження не були однаковими по всій довжині, використовуємо вузол Random Value для додавання випадковості в кількість розгалужень, їхній розмір та інші параметри. Це дає можливість контролювати, скільки розгалужень буде на кожній частині блискавки, а також їхній вигляд, що робить модель більш хаотичною та природною.

Для зручності подальшого редагування та налаштування параметрів створюється група вузлів, що дозволяє зберігати структуру чистою і дозволяє легко змінювати параметри розгалужень без необхідності змінювати саму геометрію або вузли кожного розгалуження окремо. На рисунку 3.8 зображено додавання розгалужень.



Рисунок 3.8 – Додавання розгалужень.

Щоб створити розгалуження, які виходять у різні напрямки з усіх боків, ми використовуємо кілька додаткових вузлів для маніпулювання нормалями, напрямками та випадковістю.

Першим кроком буде використання вузлів Normal і Curve Tangent для отримання напрямку кожної точки на кривій. Normal надає нормальну векторну інформацію для кожної точки кривої, що дозволяє визначити, в якому напрямку буде розташоване розгалуження. Вузол Curve Tangent забезпечує вектор тангенса для кривої, що визначає напрямок лінії на кожній точці [39].

Щоб розгалуження йшли з усіх боків, ми використовуємо вузол Vector Rotate для того, щоб обертати напрямок ліній навколо кожної точки кривої. Параметр обертання буде випадковим, тому ми додаємо вузол Random Value, де значення параметра встановлюється на 2*pi. Це дозволяє створювати випадкові кути обертання для кожного розгалуження, забезпечуючи хаотичність і природність вигляду блискавки.

Для того, щоб правильно орієнтувати лінії розгалужень, ми використовуємо вузол Align Rotation to Vector. Цей вузол дозволяє повертати кожне розгалуження в заданому напрямку, згідно з обертанням, яке було визначене на попередньому етапі за допомогою Vector Rotate. Таким чином, кожне розгалуження буде правильно орієнтоване в просторі, виходячи з точки кривої [40].

Наступним етапом є перетворення даних геометрії та додавання готової групи для генерації випадкових варіацій на кривій. Ця група вузлів дозволяє автоматично генерувати розгалуження з випадковими параметрами, такими як довжина, кількість і напрямок. Група дозволяє зручно керувати параметрами і змінювати їх без необхідності вручну коригувати кожне розгалуження окремо.

Для контролю довжини кожного розгалуження додаємо вузли для отримання значень кривих, а також використовуємо вузол Map Range для масштабування значень довжини розгалужень в межах заданого діапазону. Це дозволяє точно налаштувати довжину кожного розгалуження, щоб вони виглядали природно та не перевищували необхідні межі. На рисунку 3.9 зображено правильно орієнтуванні лінії розгалужень.



Рисунок 3.9 – Правильно орієнтуванні лінії розгалужень.

Наступним кроком є виправлення довжини крайніх відгалужень і їх напрямку, щоб вони правильно орієнтувались у просторі, як справжні блискавки.

Оскільки відгалуження блискавок природно мають тенденцію рухатись вперед і вниз, важливо коректно налаштувати їхній напрямок. Для цього використовується додатковий вузол Align Rotation to Vector з випадковістю для налаштування напрямку кінців відгалужень [38].

Завдяки використанню цього вузла можна орієнтувати розгалуження так, щоб вони направлялись в заданому напрямку, що відповідає фізичному руху блискавки, з випадковим варіюванням кута. Це дозволить уникнути одноманітності в напрямках відгалужень, зберігаючи при цьому загальну природність траєкторії блискавки.

Для зручності керування групою вузлів, ми додаємо елементи керування у Group Input, що дозволяє безпосередньо з панелі Geometry Nodes регулювати параметри розгалужень, не відкриваючи саму групу вузлів. Це значно спрощує процес налаштування та дозволяє легко експериментувати з різними варіантами довжини, кількості розгалужень та їхнього напрямку, даючи більше контролю над результатом [41].

Для додаткових розгалужень можна створити копію групи вузлів, що дає можливість додавати нові розгалуження в паралельному порядку, не змінюючи основну геометрію. Копії групи дозволяють моделювати більшу кількість відгалужень, що виходять з різних частин блискавки, при цьому даючи змогу змінювати параметри кожної групи окремо. У кожній копії групи можна встановити довільні параметри для створення більш варіативних ефектів. На рисунку 3.10 зображено виправлення довжини відгалужень.



Рисунок 3.10 – Виправлення довжини відгалужень.

Для продовження роботи над моделлю блискавки необхідно додати геометрію, щоб розгалуження виглядали не лише як лінії, але й мали об'єм та структуру. Для цього будемо використовувати два основні вузли: Curve to Mesh та Curve Circle [40].

Ці два вузли разом дозволяють створювати об'ємні розгалуження, які будуть виглядати реалістично. Curve Circle дає нам контроль за товщиною розгалуження, а Curve to Mesh дозволяє з'єднати геометрію з кривою, забезпечуючи правильну форму і структуру розгалужень блискавки. На рисунку 3.11 зображено додавання геометрії.



Рисунок 3.11 – Додавання геометрії.

Після додавання геометрії для основного ствола блискавки та її розгалужень, наступним кроком є налаштування радіусів, щоб забезпечити більш реалістичний вигляд моделі. Для цього використовуємо кілька вузлів, що дозволяють налаштувати товщину ліній як на основному стволі, так і на відгалуженнях [42].

Для Capture Attribute можна використовувати варіанти значень, щоб регулювати товщину розгалужень. Наприклад, можна задати більший радіус на початку розгалуження та поступово зменшувати його до кінця, що робить модель блискавки більш реалістичною, адже відгалуження природно мають менший діаметр порівняно з основним стволом. На рисунку 3.12 зображено налаштування радіусів розгалужень.



Рисунок 3.12 – Налаштування радіусів розгалужень.

Для того щоб додати більше хаотичності і природності у геометрію блискавки, потрібно збільшити рівень шуму на самій геометрії. Це допоможе зробити лінію більш динамічною і менш рівною, що є важливим для відтворення реалістичної траєкторії блискавки.

Група вузлів для створення основної лінії з шумом. Першим кроком є створення групи вузлів для зміни основної лінії, до якої буде застосовуватися шум. Для цього можна використати існуючі вузли, такі як Set Position та Noise, щоб внести хаос у положення точок кривої. Додавання шуму на цьому етапі дозволяє створити більш природну криву, яка виглядатиме менш ідеальною, з багатьма випадковими відхиленнями [43].

Додавання шуму на геометрії забезпечує більшу варіативність і непередбачуваність в рухах блискавки, що робить її більш схожою на реальне природне явище. Крім того, це дозволяє досягти більш драматичного ефекту, особливо в анімаціях, де блискавка виглядатиме як жива, хаотична частина сцени. На рисунку 3.13 зображено збільшення хаотичності геометрії.



Рисунок 3.13 – Збільшення хаотичності.

Для зручності можна додати більше контролерів в Group Input, що дозволить швидко змінювати параметри, такі як інтенсивність шуму, довжину розгалужень чи їх товщину, не відкриваючи групу вузлів. Це зробить процес налаштування блискавки більш гнучким і зручним [44].

Щодо матеріалу, Emission — це найпростіший спосіб додати світіння до блискавки. Збільшуємо параметр Emission, щоб блискавка мала ефект світіння, що робить її більш яскравою і виразною. Колір Emission можна вибрати відповідно до бажаного ефекту (наприклад, яскраво-білий або блакитний для реалістичного вигляду блискавки) [42].

Як можливий розвиток, можна додати вузол Trim Curve, який дозволить обрізати криву на певних ділянках. Це може бути корисно для створення більш складних форм блискавки або для коригування її довжини. Вузол Trim Curve дозволяє контролювати, де саме має закінчуватись крива, даючи більше можливостей для модифікації траєкторії. На рисунку 3.14 зображено фінальний вигляд.



Рисунок 3.14 – Фінальний вигляд.

Процедурне моделювання блискавки в Blender за допомогою Geometry Nodes надало нам великі можливості для створення реалістичних і динамічних ефектів. Зокрема, ми змогли налаштувати траєкторію блискавки, додавши випадковість і хаотичність, що зробило її рух природним. Завдяки використанню вузлів, таких як Instance on Points та Noise, ми отримали можливість автоматично створювати розгалуження, які змінюються в залежності від параметрів, таких як кількість, довжина і напрямок. Це дозволило створити складну структуру блискавки без необхідності вручну моделювати кожне відгалуження [45].

Також ми змогли контролювати товщину блискавки на різних етапах її шляху за допомогою вузлів Set Curve Radius і Capture Attribute, що дозволяє отримати більш реалістичну модель з варіативністю в товщині. Додавання елементів керування в Group Input значно спростило процес налаштування параметрів, дозволяючи змінювати їх без відкриття групи вузлів.

Загалом, цей підхід дав нам повний контроль над моделюванням блискавки, дозволяючи створювати складні і варіативні моделі з мінімальними зусиллями, зберігаючи при цьому високу деталізацію і реалістичність.

3.3 Моделювання класичним методом

Моделювання класичним методом в Blender передбачає традиційний підхід, де художник чи дизайнер вручну створює об'єкти, маніпулюючи

геометрією через інтерфейс програмного забезпечення. Це метод, який використовує базові інструменти моделювання, такі як екструзія, масштабування, обертання, а також інші операції для формування об'єкта з базових примітивів або з нуля. Моделювання класичним методом є найбільш поширеним способом створення 3D-моделей, і він дозволяє створювати складні деталі та об'єкти, однак цей підхід потребує значних часових затрат, особливо для великих проектів [46].

Щоб почати роботу в Blender, спочатку створюємо новий файл. Тепер, щоб редагувати куб, переходимо в режим редагування (натискаємо Tab). У режимі редагування ми можемо змінювати форму куба. Для того щоб залишити тільки одну грань куба, виділяємо всі інші частини. Для цього активуємо режим Edge Select, натискаючи 2 на клавіатурі або вибираючи іконку лінії в лівому верхньому кутку. Потім вибираємо всі ребра, які хочемо видалити, за допомогою В для прямокутного виділення або С для кругового. Після цього натискаємо X або Delete і вибираємо Edges, щоб видалити вибрані ребра, залишивши лише одну грань. На рисунку 3.15 зображено основа для блискавки.



Рисунок 3.15 – Основа для блискавки.

Щоб додати нові точки до куба за допомогою Loop Cut та задати довільну форму за допомогою Extrude, спочатку переходимо в режим редагування

(натискаючи Tab). Вибираємо Edge Select або натискаємо 2 на клавіатурі, щоб редагувати ребра куба.

Для додавання нових точок, використовуємо Loop Cut. Натискаємо Ctrl + R і проводимо мишку по ребрам куба. Коли з'явиться попередній перегляд нового розрізу, лівим кліком визначаємо місце, де хочемо розрізати, і потім переміщаємо нові створені ребра на потрібну відстань. Це дозволить додати додаткові точки на кубі і змінити його топологію [47].

Тепер, щоб створити довільну форму, вибираємо одну з точок або ребер і використовуємо Extrude (натискаємо E). Це дозволить витягнути нові частини моделі, задаючи їй бажану форму. Після натискання Е можна переміщати нові точки або ребра в просторі, щоб змінити геометрію об'єкта. На рисунку 3.16 зображено задавання базової форми.



Рисунок 3.16 – Задавання базової форми.

Наступним кроком після створення базової форми та редагування куба є додавання модифікаторів Subdivision Surface і Displace, щоб надати моделі більше деталізації та контролю над її виглядом.

Додавання модифікатора Displace: Після цього додаємо модифікатор Displace для того, щоб змінювати положення точок на основі текстури (шуму) і

створювати більш хаотичні, природні зміщення. Для цього вибираємо Add Modifier > Displace.

Спочатку встановимо параметри Texture для цього модифікатора, щоб створити необхідний ефект. Вибираємо тип текстури, наприклад Noise або Voronoi, для створення випадкових змін у геометрії. Це дозволить додати шумові зміщення, створюючи природний вигляд на поверхні [47].

Копіювання модифікатора Displace: Щоб контролювати зміщення для кожної з осей (X, Y, Z), копіюємо модифікатор Displace ще двічі. Для цього натискаємо на маленьку іконку з копіюванням в панелі модифікаторів і вибираємо Duplicate Modifier. Тепер у нас буде три модифікатори Displace, кожен з яких буде впливати на одну з осей. У кожному з цих модифікаторів змінюємо параметри так, щоб вони відповідали за одну з осей. Вибираємо ось, яку модифікатор буде контролювати (наприклад, X, Y або Z), і налаштовуємо параметри зміщення для кожної осі окремо. Це дозволить контролювати напрямок і інтенсивність шуму окремо для кожної осі, даючи вам більше контролю над виглядом геометрії. На рисунку 3.17 зображено використання модифікаторів



Рисунок 3.17 – Використання модифікаторів.

Наступним кроком є додавання геометрії до моделі за допомогою модифікатора Skin, а також регулювання товщини моделі та додавання ще

одного модифікатора Subdivision для підвищення деталізації. На рисунку 3.18 зображено додавання геометрі.



Рисунок 3.18 – Додавання геометрі.

Щоб створити матеріал для блискавки в Blender, відкриваємо Shader Editor, для цього в верхній частині інтерфейсу вибираємо вкладку Shading. Якщо у моделі ще немає матеріалу, натискаємо New в панелі матеріалів, щоб створити новий матеріал. У Shader Editor ми бачимо вузол Principled BSDF, який є базовим шейдером для матеріалів. Щоб додати світіння для блискавки, потрібно налаштувати параметр Emission в цьому вузлі. Збільшуємо значення Emission, щоб посилити світіння [48]. Потім вибираємо відповідний колір для Emission зазвичай для блискавки це блакитний або яскраво-білий колір. Після цього підключаємо вузол Principled BSDF до Material Output, щоб ефект був відображений в рендері. Таким чином, ми створюємо ефект світіння, який надає блискавці реалістичний вигляд, підкреслюючи її яскравість та енергетичну напругу. На рисунку 3.19 зображено фінальний вигляд моделі.



Рисунок 3.19 – Фінальний вигляд моделі.

Це один з багатьох можливих варіантів моделювання класичним методом. В залежності від обраного підходу, час, необхідний для створення моделі, та її якість можуть суттєво відрізнятися. Якщо моделювання вимагає високої деталізації або складних геометричних форм, процес може зайняти більше часу, але результат буде точнішим і деталізованим. У той же час, для швидшого створення простих моделей можна використовувати базові інструменти і мінімальну кількість модифікацій, що дозволить заощадити час, але знизить рівень деталізації. У будь-якому випадку, класичний метод дає змогу досягти високого рівня контролю над моделлю, дозволяючи адаптувати її під конкретні вимоги проекту [49].

3.4 Порівняння класичного і процедурного методів моделювання

Класичне і процедурне моделювання є двома основними підходами, що використовуються для створення 3D-моделей, і кожен з них має свої особливості, переваги та недоліки.

Класичний метод моделювання передбачає ручне створення об'єктів, де художник або дизайнер вручну модифікує геометрію, працюючи з базовими

примітивами (кубами, сферами, циліндрами) та їх комбінаціями. Основними інструментами є екструзія, масштабування, обертання, детальна корекція форм, а також додавання нових точок чи ребер за допомогою таких інструментів, як Loop Cut, Extrude, Bevel тощо. Цей метод вимагає високої майстерності та багато часу, але він дає повний контроль над кожним етапом моделювання [50].

Процедурне моделювання, з іншого боку, використовує алгоритми та систему вузлів для автоматичного генерування геометрії на основі заданих параметрів і правил. У Blender це реалізовано через Geometry Nodes, де моделі будуються за допомогою графів, що складаються з різних типів вузлів, що виконують операції над геометрією. Процедурне моделювання значно швидше при створенні складних об'єктів, таких як ландшафти або повторювані елементи, але воно може вимагати більшого часу на налаштування та експерименти для досягнення бажаного вигляду [49].

Переваги класичного моделювання:

1. Високий контроль: Класичний підхід дозволяє художнику вручну коригувати кожен аспект моделі, що забезпечує точний контроль за формою, розмірами та деталями.

2. Гнучкість для створення складних форм: Класичне моделювання краще підходить для створення органічних, складних або унікальних форм, де кожен елемент потребує індивідуального підходу.

3. Простота освоєння: Базові інструменти класичного моделювання, як екструзія або масштабування, є легкими для освоєння.

Недоліки класичного моделювання:

1. Часозатратність: Класичне моделювання може займати значний час, особливо для великих або складних моделей.

2. Високі вимоги до майстерності: Потрібен досвід і точність для створення деталей і збереження топології моделі.

Переваги процедурного моделювання:

1. Швидкість створення: Процедурне моделювання значно швидше при створенні об'єктів з повторюваними елементами або великих ландшафтів.

2. Автоматизація процесу: Завдяки алгоритмам і вузлам, моделі генеруються автоматично, що дозволяє швидко змінювати параметри і отримувати нові варіанти.

3. Масштабованість: Процедурне моделювання дозволяє створювати великі сцени або об'єкти, змінюючи лише кілька параметрів, що робить цей метод ідеальним для великих проектів, таких як відеоігри або візуалізації.

Недоліки процедурного моделювання:

1. Обмежений контроль: Вузли та алгоритми можуть обмежувати художника в його творчості, оскільки всі зміни залежать від заданих параметрів.

2. Важкість у налаштуванні: Для досягнення бажаного ефекту в процедурному моделюванні необхідно часто експериментувати з параметрами, що може зайняти час.

3. Не підходить для унікальних форм: Процедурне моделювання може бути менш підходящим для створення органічних і дуже специфічних об'єктів, де потрібно більше контролю.

Класичне моделювання дає більше контролю і точності для створення унікальних, складних моделей, але воно потребує більше часу і зусиль. Процедурне моделювання, з іншого боку, є більш ефективним для створення повторюваних елементів, ландшафтів або великих сцен, але іноді може обмежувати творчий процес [50]. Вибір між класичним і процедурним моделюванням залежить від типу проекту та вимог до якості та швидкості виконання. У додатку Б подано результати рендеру.

3.5 Висновок

У розділі 3 було розглянуто ключові аспекти моделювання 3D-об'єктів як класичним, так і процедурним методом. Створення блискавки за допомогою процедурного підходу в Blender через Geometry Nodes дало змогу продемонструвати ефективність автоматизації процесу моделювання, швидко створюючи складні форми та ефекти, такі як шум, розгалуження та динамічні зміни траєкторії. Це дозволило створити природний, реалістичний рух блискавки, одночасно зберігаючи високий рівень деталізації та варіативності.

З іншого боку, класичний метод моделювання продемонстрував гнучкість у створенні точних і унікальних моделей. Він надає художникам повний контроль над кожним аспектом об'єкта, хоча й вимагає значних часових затрат. За допомогою класичних інструментів моделювання, таких як Extrude, Loop Cut, та модифікаторів, вдалося створити основу для блискавки, яка також дозволяє досягати високої деталізації.

порівняння i процедурного методів Таким чином, класичного моделювання показує, що вибір методу залежить від конкретних вимог до проекту. Процедурне моделювання є ідеальним для створення складних і варіативних об'єктів швидко і з мінімальними зусиллями, в той час як класичний підхід забезпечує точний контроль і високу якість для унікальних моделей. Однак, в залежності від поставленої задачі, можна комбінувати ці методи для результатів, що робить Blender досягнення бажаних універсальним інструментом для створення 3D-контенту.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вплив тривалого сидіння на здоров'я працівників офісу.

Тривале сидіння в офісі є серйозною проблемою для здоров'я працівників. Багато годин, проведених за комп'ютером, можуть мати негативний вплив на фізичний стан, спричиняти болі в спині, шиї, а також проблеми з циркуляцією крові. Одним із основних ризиків є розвиток порушень опорно-рухового апарату, таких як болі в спині і шиї, що виникають через неправильну позу та тривале сидіння в одній позі.

Також, постійне сидіння може призвести до погіршення кровообігу. Це збільшує ризик утворення тромбів, варикозного розширення вен і інших серцевосудинних захворювань [51]. М'язи, що не отримують достатньо навантаження, слабшають, що може призвести до метаболічних порушень — підвищення рівня цукру в крові, а також збільшення ризику розвитку серцево-судинних захворювань [52].

Психічне здоров'я також страждає від тривалого сидіння. Відсутність фізичної активності може призвести до стресу, тривожності і депресії. Погіршення настрою через обмежену фізичну активність впливає на концентрацію і продуктивність працівників, що може знижувати їх ефективність на роботі.

Однак ці проблеми можна зменшити завдяки різним нормативно-правовим актам, які регулюють умови праці і здоров'я працівників. В Україні питання охорони здоров'я працівників, зокрема щодо тривалого сидіння, регулюються рядом нормативних документів:

Кодекс законів про працю України: Відповідно до цього документа, роботодавці зобов'язані створювати безпечні умови праці, включаючи профілактику травм і захворювань, пов'язаних з тривалою роботою за комп'ютером. Працівники повинні мати регулярні перерви для зняття навантаження з опорно-рухового апарату [53]. • НПАОП 0.00-4.12-07 «Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах із комп'ютерними системами»: Згідно з цими правилами, працівники, що працюють за комп'ютером понад 4 години на день, повинні мати перерви кожні 1-1,5 години для виконання вправ або зміни положення тіла [54].

• НПАОП 0.00-1.31-10 «Санітарні правила для комп'ютерних робочих місць»: У цих правилах зазначено, що тривале сидіння без перерв є шкідливим для здоров'я. Робочі місця повинні бути оснащені комфортними меблями для сидіння, а також передбачені регулярні перерви для фізичної активності [54].

• Державна програма «Здоров'я нації»: Вона зобов'язує роботодавців забезпечити здорові умови праці, включаючи регулярні перерви для працівників, тренінги для профілактики захворювань, що виникають від тривалого сидіння, та оснащення робочих місць необхідними засобами для зниження навантаження на організм.

Завдяки цим стандартам і правилам можна значно знизити ризики для здоров'я працівників і забезпечити належні умови праці в офісах. Такі заходи дозволяють покращити фізичне і психічне здоров'я працівників, що безпосередньо впливає на їхню продуктивність і ефективність [55].

4.2. Правила безпеки при виникненні аварій на електричних приладах в офісі.

Офісне обладнання, зокрема ПК, принтери, камери та обладнання для 3Dсканування, працює на електричній енергії, що вимагає дотримання особливих правил безпеки для уникнення аварій, таких як коротке замикання, збої в електропостачанні або перегрів пристроїв. Виникнення таких аварій може призвести до серйозних наслідків, включаючи пожежу, травми персоналу або пошкодження дорогого обладнання [56].

Основні принципи безпеки при роботі з електричними приладами:

1. Правильне підключення до електричної мережі. Усі електричні прилади в офісі повинні бути підключені до правильно заземлених розеток і мати

сертифікацію для безпечної роботи з електричними пристроями. Не слід перевантажувати розетки та використовувати пошкоджені кабелі.

• Рекомендація: Перевіряти кабелі на наявність пошкоджень перед використанням і заміняти несправні проводи.

• Посилання на нормативний акт: Відповідно до НПАОП 0.00-1.31-10 та НПАОП 0.00-63 7.15-18, всі електричні установки повинні бути підключені відповідно до вимог безпеки [54].

2. Використання стабілізаторів напруги та джерел безперебійного живлення (ДБЖ). Для захисту від перепадів напруги або коротких замикань, що можуть виникнути через збої в електричній мережі, необхідно використовувати стабілізатори напруги або ДБЖ, які автоматично вимикають прилади у разі небезпечних коливань напруги [57].

• Рекомендація: Підключати чутливу техніку (наприклад, комп'ютери, принтери, 3D-сканери) до стабілізаторів та ДБЖ для захисту від стрибків напруги.

• Посилання на нормативний акт: Вимоги щодо безпеки в електричних установках і використанні стабілізаторів закріплені в НПАОП 0.00-1.31-10 [53].

3. Регулярна перевірка стану електричних приладів Важливо регулярно перевіряти технічний стан електричних приладів: не допускати перегріву, перевантаження або пошкодження кабелів. Всі пристрої повинні використовуватися відповідно до інструкцій виробника.

• Рекомендація: Проводити щорічне технічне обслуговування та перевірку обладнання.

• Посилання на нормативний акт: Вимоги щодо регулярного огляду обладнання визначаються в НПАОП 0.00-1.31-10 і НПАОП 0.00-63 7.15-18 [54].

4. Безпечна експлуатація електричних пристроїв. Деякі офісні прилади, такі як принтери, камери та 3D-сканери, можуть мати рухомі частини, що можуть бути небезпечними при неправильному використанні. Користувачі повинні слідувати рекомендаціям щодо безпечної експлуатації і уникати контакту з гарячими елементами. • Рекомендація: Завжди вимикати обладнання перед його очищенням або ремонтом. Використовувати захисні кришки та запобіжні пристрої на обладнанні.

• Посилання на нормативний акт: Згідно з вимогами НПАОП 0.00-1.31-10, необхідно дотримуватися стандартів безпеки при роботі з офісним обладнанням.

Негайні дії при виникненні аварії:

1. У разі виникнення короткого замикання або перегріву обладнання потрібно відразу відключити джерело живлення, тобто вимкнути обладнання з мережі або натискати на вимикач живлення ДБЖ (якщо таке використовується).

Рекомендація: Ознайомити всіх співробітників із розташуванням вимикачів живлення та механізмів аварійного відключення.

2. Якщо сталося коротке замикання, що спричинило пожежу, потрібно відразу викликати службу порятунку та спробувати загасити невеликий вогонь за допомогою вогнегасника. Важливо використовувати вогнегасник, призначений для електричних пристроїв (вогнегасник класу С) [58].

• Рекомендація: Навчити персонал правильно користуватися вогнегасниками, зокрема для гасіння електричних пожеж.

• Посилання на нормативний акт: Для гасіння пожеж, що виникли через електричні прилади, використовуйте вогнегасники класу С, згідно з НПАОП 0.00-1.31-10 [53].

3. Якщо виникла аварія, яка може загрожувати безпеці (наприклад, велика пожежа або витік токсичних речовин від перегріву), необхідно негайно евакуювати співробітників, сповіщаючи їх про ситуацію через сирени або інші сигналізації.

Рекомендація: Регулярно проводити тренування з евакуації та засвоїти базові дії при аварійних ситуаціях.

4. Якщо ситуація виходить з-під контролю (пожежа, великі витоки електрики, серйозний перегрів пристроїв), необхідно терміново викликати аварійні служби: пожежників, електриків або швидку допомогу, якщо є постраждалі.

Рекомендація: Мати на робочих місцях контакти для екстреного виклику служб. Забезпечення належної безпеки на робочому місці та готовність до аварійних ситуацій допомагають запобігти серйозним наслідкам і мінімізувати ризики для здоров'я працівників та матеріальних збитків [56].

4.3. Висновок

У цьому розділі висвітлює важливі аспекти охорони праці та безпеки на робочих місцях, зокрема в офісах. Підтримка здоров'я працівників офісів і забезпечення їхньої безпеки є ключовими завданнями для роботодавців, щоб мінімізувати ризики виникнення травм, професійних захворювань і аварій. У випадку тривалого сидіння в офісі необхідно впроваджувати регулярні перерви, фізичні вправи і коригування робочого місця для підтримки здоров'я працівників, знижуючи негативний вплив на їхній організм.

Що стосується безпеки при використанні електричних приладів, важливо дотримуватись правил безпеки, правильно підключати електричні пристрої, використовувати стабілізатори напруги, проводити регулярні перевірки стану обладнання та навчати працівників безпечній експлуатації приладів. Важливо також бути готовими до аварійних ситуацій і мати чіткі інструкції для екстрених випадків, таких як коротке замикання чи перегрів приладів. Використання належних засобів захисту, знання контактів екстрених служб та вміння правильно діяти в критичних ситуаціях допомагає запобігти серйозним наслідкам для здоров'я працівників та матеріальних збитків.

Таким чином, дотримання відповідних норм і стандартів охорони праці та безпеки допомагає забезпечити здорове і безпечне робоче середовище, що позитивно впливає на ефективність працівників і загальний стан компанії.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи було досліджено основи комп'ютерної графіки та її застосування в сучасних технологіях, а також розглянуто різні підходи до створення 3D-об'єктів, зокрема через процедурне моделювання в Blender за допомогою Geometry Nodes. В першому розділі аналізувалася галузь комп'ютерної графіки, її основні напрямки та важливі програмні продукти, які використовуються для створення візуальних ефектів. Були описані основні типи вузлів та їх роль у процедурному моделюванні. Визначено, що процедурне моделювання значно спрощує і прискорює процес створення складних 3D-об'єктів і ефектів завдяки алгоритмічному підходу.

Другий розділ зосереджений на основах роботи з Geometry Nodes, описанні принципів роботи вузлів та їх застосування для автоматизації моделювання в Blender. Детально розглянуті техніки та методи створення об'єктів за допомогою Geometry Nodes, зокрема рандомізація, фрактальні методи і логіка генерації параметрів, що дає можливість моделювати складні об'єкти з мінімальними зусиллями. Порівняння класичного та процедурного методів моделювання показало, що процедурний підхід має значні переваги в швидкості створення складних геометрій та їх варіативності.

Третій розділ присвячений практичному застосуванню Geometry Nodes для створення 3D-моделі блискавки, де розглянуті кроки від підбору референсів до налаштування фінальних параметрів моделі. Також був проведений аналіз порівняння класичного методу моделювання та процедурного підходу, що дозволило оцінити ефективність процедурного підходу для автоматизації створення складних моделей.

Останній розділ стосується охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в офісному середовищі. Описано вплив тривалого сидіння на здоров'я працівників офісу та надано рекомендації щодо запобігання негативному впливу. Також розглянуті правила безпеки при виникненні аварій на електричних приладах в офісі, що допомагає забезпечити безпечні умови праці.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Що таке 3D-моделювання? Adobe. URL: https://www.adobe.com/ua/ products/substance3d/discover/what-is-3d-modeling.html?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 03.07.2024).

3D-графіка: секрети створення віртуальної реальності. Rocketmen.
URL: https://rocketmen.com.ua/ua/article/3d?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 02.02.2024).

3. Майбутнє комп'ютерної графіки: Тенденції розвитку та нові технології.Buki. URL: https://buki.com.ua/blogs/maibutnje-kompiuternoyi-grafiki-tendenciyi-rozvitku-ta-novi-texnologiyi/?utm_source=chatgpt.com(дата05.12.2023).

4. Процедурне моделювання. Wikipedia. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%B4%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%B5_%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F?utm_source=chatgpt.comзвернення: 04.10.2021).

5. Geometry Nodes from Scratch. Blender Studio. URL: https://studio. blender.org/training/geometry-nodes-from-scratch/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 10.09.2023).

6. PROCEDURAL MODELING. SideFX. URL: https://www.sidefx.com/tuto rials/procedural-modeling/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 05.12.2024).

7. Welcome to Bifrost. Autodesk. URL: https://help.autodesk.com/view/ BIFROST/ENU/?utm source=chatgpt.com (дата звернення: 22.04.2023).

 Introduction to Procedural Generation plugin in UE5.4. Unreal Engine.
URL: https://dev.epicgames.com/community/learning/tutorials/j4xJ/unreal-engineintroduction-to-procedural-generation-plugin-in-ue5-4?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 29.06.2024).

9. Niagara Tutorials. Unreal Engine. URL: https://dev.epicgames.com/ documentation/en-us/unreal-engine/tutorials-for-niagara-effects-in-unreal-engine? utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 21.11.2022). 10. Geometry Nodes. Blender Documentation. URL:https://docs.blender. org/manual/en/latest/modeling/geometry_nodes/index.html?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 14.04.2023).

11. Node Groups. Blender Documentation. URL: https://docs.blender.org/ manual/en/latest/interface/controls/nodes/groups.html (дата звернення: 15.07.2024).

12. Learning Houdini. SideFX. URL: https://www.sidefx.com/learn/ modeling /?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 16.08.2024).

13. Unleash visual magic with Bifrost for Maya. Autodesk. URL: https://www.autodesk.com/products/maya/bifrost?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 21.03.2021).

14. Unreal Engine: Можливості та переваги ігрового двигуна. ProCoding. URL: https://www.procoding.com.ua/unreal-engine/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 12.08.2022).

15. Niagara - Procedural Mesh. Unreal Engine. URL: https://dev.epicgames.com/community/learning/tutorials/dXm6/unreal-engine-niagara-procedural-mesh?utm source=chatgpt.com (дата звернення: 15.03.2024).

16. How to Organize Nodes in Blender 3D (Six Ways!). Brandon 3D. URL: https://brandon3d.com/node-organization/ (дата звернення: 11.11.2022).

17. ГЕОМЕТРИЧНІ НОДИ: ЧИ ПОТРІБНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. НАУ. URL:https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/63495/1/%D0%9C%D0%9C%D0%A2%2 02022%20%D0%97%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D1%86%D 1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%86.%D0%9F.pdf (дата звернення: 05.12.2021).

18. Blender Foundation Офіційна документація Blender. Blender Documentation. URL: https://docs.blender.org/ (дата звернення: 22.10.2023).

19. Загородна Н. В., Лупенко С. А., Луцків А. М. Обґрунтування вибору доступних програмно-апаратних засобів високопродуктивних обчислювальних систем для задач криптоаналізу. // Електроніка та системи управління. 2011. № 1. С. 42–50.(дата звернення: 18.07.2024).

20. Guru99 Стаття "11 найкращих безкоштовних курсів Blender (2024)". Guru99. URL: https://www.guru99.com/uk/blender-3d-tutorials-free-course.html (дата звернення: 22.07.2023).

21. BlenderNation Стаття "Розширений посібник з Geometry Nodes y Blender". BlenderNation. URL: https://www.blendernation.com/2022/01/16/ extensive-blender-geometry-nodes-manual/ (дата звернення: 10.06.2024).

22. Blender Artists Community Серія уроків "Geometry Nodes для початківців". Blender Artists. URL: https://blenderartists.org/t/geometry-nodes-for-complete-beginners-blender-tutorial-series/1509703 (дата звернення: 28.05.2024).

23. YouTube Плейлист "Blender Geometry Nodes Tutorials". YouTube. URL: https://www.youtube.com/playlist?list=PLmH6Ylb_pwzqu-ukoqZGBwQdyaG-1W2MR (дата звернення: 24.08.2023).

24. itProger Курс "Уроки Blender 3D". itProger. URL: https://itproger.com/ua/course/blender-3d (дата звернення: 15.08.2024).

25. Varto School Kypc "3D Start. Blender". Varto School. URL: https://varto.school/kurs-blender-3d-start/ (дата звернення: 27.02.2024).

26. Tinkerteens Курс "3D моделювання в Blender". Tinkerteens. URL: https://www.tinkerteens.com/blender/ (дата звернення: 17.10.2022).

27. BlenderNation Стаття "Blender 3 Geometry Nodes Beginner Tutorial". BlenderNation. URL: https://www.blendernation.com/2021/11/20/blender-3geometry-nodes-beginner-tutorial/ (дата звернення: 22.04.2024).

28. Blender Artists Community Обговорення "Найкращі ресурси для глибокого вивчення Geometry Nodes". Blender Artists. URL: https://blenderartists.org/t/best-resources-for-learning-geometry-nodes-in-depth/1362366 (дата звернення: 21.09.2021).

29. Blender Studio Розділ "Основи" з курсу "Geometry Nodes з нуля". Blender Studio. URL: https://studio.blender.org/training/geometry-nodes-fromscratch/chapter/basics/ (дата звернення: 19.08.2021).

30. Blender Documentation Розділ "Geometry Nodes" у офіційному посібнику Blender 4.3. Blender Documentation. URL: https://docs.blender.org/

manual/uk/latest/modeling/geometry_nodes/geometry/index.html (дата звернення: 21.09.2020).

31. Biotech University Стаття "Безкоштовні курси Blender для початківців". Biotech University. URL: https://biotechuniv.edu.ua/novini/ bezkoshtovni-kursy-blender-dlya-pochatkivtsiv/ (дата звернення: 23.09.2021).

32. Videoinfographica Підбірка "172+ безкоштовних уроків у Blender: навчання 3D з нуля". Videoinfographica. URL: https://videoinfographica.com /blender-tutorials/ (дата звернення: 14.06.2022).

33. GitHub Репозиторій "Geometry Nodes 3.3 by Tutorials". GitHub. URL: https://github.com/rbarbosa51/GeometryNodesByTutorials (дата звернення: 22.10.2021).

34. IT Future Курс "3D моделювання для дітей". IT Future. URL: https://itfuture.online/uk/3d-modelyuvannya-dlya-ditej/ (дата звернення: 10.11.2020).

35. itProger Урок "#8 – Анімація об'єктів". itProger. URL: https://itproger.com/ua/course/blender-3d/8 (дата звернення: 15.08.2021).

36. Hillel IT School Курс "3D моделювання". Hillel IT School. URL: https://ithillel.ua/courses/3d-modeling (дата звернення: 11.04.2022).

37. Vseosvita.ua Посібник "Основи тривимірного моделювання в середовищі Blender 2.90". Vseosvita. URL: https://vseosvita.ua/library/posibnik-osnovi-trivimirnogo-modeluvanna-v-seredovisi-blender-290-445586.html (дата звернення: 20.01.2024).

38. Бабак В. П., Марченко М. Є., Фриз Б. Г. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика. К.: Техніка, 2004. 288 с. (дата звернення: 27.06.2024).

39. Method Education Kypc "Blender Modeling". Method Education. URL: https://method.education/courses/blender-modeling/ (дата звернення: 26.03.2024).

40. ITC.ua Стаття "Курси 3D моделювання: де вивчати 3DS Max, Blender, Maya, ZBrush etc.". ITC.ua. URL: https://itc.ua/ua/articles/kursy-3d-modelyuvannyade-vyvchaty-3ds-max-blender-maya-zbrush-etc/ (дата звернення: 19.08.2021). 41. Abiturients.info Курс "Base Blender. Базовий курс з розширеним оглядом". Abiturients.info. URL: https://abiturients.info/uk/course/52936/76950 (дата звернення: 21.05.2024).

42. Tutkit.com Практичний посібник "Blender: 3D для початківців". Tutkit.com. URL: https://www.tutkit.com/uk/pakunki/340-trenuvannia-praktiki-dlianovackiv-blender (дата звернення: 18.07.2023).

43. Hillel IT School Онлайн-курс "3D моделювання". Hillel IT School. URL: https://ithillel.ua/courses/3d-modeling (дата звернення: 17.08.2024).

44. Калинич Ю., Білак Ю. Ю., Небесний Р., Федорка П. Аналіз процесів формування симуляцій з використанням графічного процесора. // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Інформаційні системи та мережі. 2022. Вип. 11/22. С. 110–126. DOI: 10.23939/sisn2022.11.110. (дата звернення: 22.09.2024).

45. eUkraine.org.ua Стаття "ТОП-12 освітніх майданчиків з безкоштовними онлайн-курсами". eUkraine.org.ua. URL: https://eukraine.org.ua/ua/news/top-12-osvitnih-majdanchikiv-z-bezkoshtovnimi-onlajn-kursami (дата звернення: 21.02.2024).

46. YouTube Канал "Blender Guru". YouTube. URL: https://www.youtube.com/user/AndrewPPrice (дата звернення: 05.12.2024).

47. CG Cookie Онлайн-платформа з навчальними матеріалами та курсами з Blender. CG Cookie. URL: https://cgcookie.com/ (дата звернення: 27.06.2020).

48. Основи тривимірного моделювання в середовищі Blender 2.90. Vseosvita. URL: https://vseosvita.ua/library/posibnik-osnovi-trivimirnogomodeluvanna-v-seredovisi-blender-290-445586.html (дата звернення: 05.12.2024).

49. The Beginners Guide to Blender. BlenderNation. URL: https://www.blendernation.com/2022/01/16/extensive-blender-geometry-nodes-manual/ (дата звернення: 26.08.2024).

50. Learning Blender: A Hands-On Guide to Creating 3D Animated Characters. Blender Artists. URL: https://blenderartists.org/t/geometry-nodes-for-complete-beginners-blender-tutorial-series/1509703 (дата звернення: 21.05.2024).
51. Лещишин Ю., Шербак Л., Назаревич О., Готович В., Тимків П., Шимчук Г. Мультикомпонентна модель зміни серцевої частоти. // XV Міжнародна конференція з перспективних технологій і методів у проектуванні MEMS (MEMSTECH), Поляна, Україна, 2019. С. 110–113. DOI: 10.1109/MEMSTECH.2019.8817379. (дата звернення: 04.11.2024).

52. Speka.media Як тривале сидіння впливає на здоров'я? Speka.media. URL: https://speka.media/trivale-sidinnya-skodit-zrostaje-rizik-rannyogo-starinnyapn0jd1 (дата звернення: 05.11.2024).

53. Physio-pedia Медицина способу життя та стратегії ергономіки офісу при менеджменті болю в попереку. Physio-pedia. URL: https://langs.physio-pedia.com/uk/lifestyle-medicine-and-office-ergonomic-strategies-for-managing-low-back-pain-uk/ (дата звернення: 10.11.2024).

54. Zakon.rada Державний комітет України з нагляду за охороною праці наказ. Zakon.rada. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text (дата звернення: 13.11.2024).

55. Obozrevatel Чому не можна сидіти довго без перерв на роботі - шкодатривалогосидіннядляздоров'я.Obozrevatel.URL:https://bewell.obozrevatel.com/ukr/section-bewell/news-chto-proishodit-kogda-vyi-dolgo-sidite-bez-pereryivov-na-rabote-03-02-2024.html(датазвернення:17.11.2024).

56. Стручок В. С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с. (дата звернення: 17.11.2024).

57. Victorija.ua Охорона праці при роботі з комп'ютером. Victorija.ua. URL: https://www.victorija.ua/dovidnik/osnovni-pravyla-dotrymannya-ohoronypratsi-pry-roboti-na-personalnyh-eom.html (дата звернення: 27.10.2024).

58. Ohoronapraci Примірна інструкція з охорони праці при роботах з олов'яно-свинцевими малосурм'янистими припоями. Ohoronapraci. URL: https://ohoronapraci.com.ua/instructions/668482-prymirna-instruktsiya-z-okhorony-pratsi-pry-robotakh-z-olovyano-svyntsevymy (дата звернення: 01.11.2024).

ДОДАТКИ

Теза на конференцію "Актуальні задачі сучасних технологій"

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна) Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція) Маріборский університет (Словения) Технічний університет у Кошице (Словаччина) Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва) Наукове товариство ім. Т.Шевченка

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ΠΡΟΓΡΑΜΑ

XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів 11-12 грудня 2024 року



УКРАЇНА ТЕРНОПІЛЬ – 2024 ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ НА ВЕБ-САЙТІ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

- М.О. Скоробогата, Л.П. Дмитроца ВПЛИВ ГЕНЕРАТИВНОГО ШІ НА МАРКЕТИНГОВІ КОМУНІКАЦІЇ КОМПАНІЇ "ТЕСНNOVAAPP"
- 40. Микитишин А.Г., Чуревич Б.В., Дильовий О.О. ПРОМИСЛОВІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ
- Н. М. Головецький, І.О. Баран ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПРОЕКТІВ LPWAN
- 42. **Н. Сороківська, В.Яцишин** КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ БІОРІЗНОМАНІТТЯ З ВБУДОВАНИМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИМИ СЕРВІСАМИ
- Н.А. Шевченко, Г.В. Шимчук, У.А. Гарматюк ОПТИМІЗАЦІЯ МЕТРИК МАРШРУТИЗАЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ІР-МЕРЕЖ
- 44. Н.А. Шевченко, Г.В. Шимчук, У.А. Гарматюк ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕРЕЖЕВОЇ ВІРТУАЛІЗАЦІЇ VRF У БАГАТОКОЛІЙНУ МАРШРУТИЗАЦІЮ
- 45. **Н.М. Топольніцький, Р.М. Небесний** Застосування geometry nodes в програмному пакеті blender для задач процедурного моделювання
- 46. **Н.М. Топольніцький, Р.М. Небесний** Застосування geometry nodes в програмному пакеті blender для задач процедурного моделювання
- 47. Назар Осідак, Олександр Цвігун ЗАСТОСУВАННЯ ШІ ДЛЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕСТУВАННЯ
- 48. О.А. Заяць МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ АНАЛІЗУ І КЛАСИФІКАЦІЇ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
- 49. О.А. Саган, К.Б. Швирло АНАЛІЗ SQL-ІН'ЄКЦІЙ:ТИПИ АТАК ТА МЕТОДИ ЗАХИСТУ
- 50. **О.В. Палка** ІНФОРМАЦІЙНІ ПАНЕЛІ ЯК ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ КРІ У РОЗУМНОМУ МІСТІ
- 51. О.В. Смолій; А.Г. Микитишин; І.В. Булич ОПТИМІЗАЦІЯ ВКЛЮЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ПРИ РЕЗЕРВНОМУ ЖИВЛЕННІ НА МАЛОМУ ВИРОБНИЧОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ТА ЙОГО ІНТЕГРАЦІЯ З ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ
- 52. О.В. Шкварок; А.О. Курило; І.Р. Козбур; Ю.Б. Капаціла РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА БАЗІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ТА БЕЗДРОТОВИХ МЕРЕЖ
- О.Д. Пакон, Р.М. Небесний ОСНОВНІ ВИКЛИКИ ДЛЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМИ ПРИСТРОЯМИ
- 54. О.Д. Пакон, Р.М. Небесний АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ МОМ СИСТЕМ ДЛЯ КОРПОРАТИВНОГО СЕРЕДОВИЩА
- 55. О.Ю. Петрик АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» — Тернопіль, 11-12 грудня 2024 року

УДК 004.925

Н.М. Топольніцький, Р.М. Небесний, доктор філософії. (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя) ЗАСТОСУВАННЯ GEOMETRY NODES В ПРОГРАМНОМУ ПАКЕТІ BLENDER ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОЦЕДУРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.

N.M. Topolnitskyi, R.M. Nebesnyi, Ph.D APPLICATION OF GEOMETRY NODES IN THE BLENDER SOFTWARE PACKAGE FOR PROCEDURAL MODELING TASKS.

Сучасне 3D-моделювання активно використовує процедурний підхід, який дозволяє автоматизувати процеси створення моделей, підвищуючи ефективність роботи та продуктивність. Blender, завдяки інструменту Geometry Nodes, надає можливість створювати адаптивні тривимірні об'єкти, які легко налаштовуються і масштабуються. Це особливо актуально для проєктів у таких галузях, як ігрова індустрія, архітектура та кінематограф, де потрібні складні сцени з повторюваними елементами.

Geometry Nodes надає користувачам інструменти для створення 3D-моделей, що легко налаштовуються та масштабуються. Вузли, такі як Transform, Join Geometry, Distribute Points on Faces i Instance on Points, дозволяють ефективно розміщувати об'єкти на поверхні, створювати повторювані елементи та налаштовувати параметри моделі. Geometry Nodes забезпечує автоматизацію процесу створення об'єктів і їх компонування у сцені, що знижує необхідність у ручному налаштуванні кожного елемента (рис. 1).

Такий процедурний підхід оптимізує робочий процес, знижує витрати часу та дозволяє легко вносити зміни на пізніх етапах проекту. Geometry Nodes особливо корисний для створення елементів середовища, таких як ландшафти, рослинність та архітектурні структури, які потребують автоматичного налаштування та адаптації до змінних умов.

Висновок. Geometry Nodes у Blender довели свою ефективність як інструмент для процедурного моделювання. Завдяки можливості створення адаптивних моделей, які автоматично реагують на зміни параметрів, Geometry Nodes стає незамінним у проєктах, де потрібна висока продуктивність та повторюваність елементів.



Рисунок 1. Властивості модифікатора Geometry Nodes у стеку модифікаторів. Література

"Introduction to Geometry Nodes."Blender Manual, Accessed 26 Nov. 2024., <u>https://docs.blender.org</u> /manual/en/latest/modeling/geometry_nodes/introduction.html.

480

УДК 004.925

Н.М. Топольніцький, Р.М. Небесний, доктор філософії.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя) ЗАСТОСУВАННЯ GEOMETRY NODES В ПРОГРАМНОМУ ПАКЕТІ BLENDER ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОЦЕДУРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.

N.M. Topolnitskyi, R.M. Nebesnyi, Ph.D APPLICATION OF GEOMETRY NODES IN THE BLENDER SOFTWARE PACKAGE FOR PROCEDURAL MODELING TASKS.

Процедурне моделювання є підходом, що дозволяє створювати 3D-об'єкти на основі алгоритмів та правил, що забезпечує гнучкість та ефективність у процесі розробки. Blender, як потужний інструмент для 3D-моделювання, надає користувачам можливість використовувати Geometry Nodes для створення складних та адаптивних моделей. Це особливо актуально для проєктів, де потрібна генерація великої кількості подібних об'єктів або сцен з високим рівнем деталізації.

Geometry Nodes у Blender представляють собою вузлову систему, що дозволяє користувачам створювати та модифікувати геометрію об'єктів за допомогою візуального програмування. Це забезпечує можливість автоматизації багатьох аспектів моделювання, зменшуючи потребу в ручній праці та підвищуючи продуктивність.

Однією з ключових переваг Geometry Nodes є можливість створення параметричних моделей, які можуть бути легко змінені шляхом коригування вхідних параметрів. Це дозволяє швидко генерувати різні варіації об'єктів, що є корисним у таких галузях, як ігрова індустрія, де необхідно створювати велику кількість подібних елементів.

Крім того, Geometry Nodes підтримують інтеграцію з іншими системами Blender, такими як шейдери та фізичні симуляції, що розширює можливості процедурного моделювання та дозволяє створювати більш реалістичні та складні сцени.

Висновок. Використання Geometry Nodes у Blender відкриває широкі можливості для процедурного моделювання, забезпечуючи гнучкість, ефективність та автоматизацію процесу створення 3D-об'єктів. Це робить їх незамінним інструментом для фахівців у різних галузях, які прагнуть оптимізувати свої робочі процеси та підвищити якість кінцевого продукту.

Література

 "Blender Foundation. "Introduction to Geometry Nodes." Blender Manual. Blender Foundation, Accessed 26 Nov. 2024. <u>https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/</u> geometry_nodes/introduction.html.

 Blender Foundation. "Geometry Nodes." Blender Manual. Blender Foundation, Accessed 26 Nov. 2024. https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/geometry_nodes/index.html.

 Thommes, Simon. "Geometry Nodes from Scratch." Blender Studio, Accessed 26 Nov. 2024. https://studio.blender.org/training/geometry-nodes-from-scratch/.

 "Procedural Modeling Pipeline with Geometry Nodes - a blog." Blender Artists Community, Accessed 26 Nov. 2024. https://blenderartists.org/t/procedural-modeling-pipeline-with-geometry-nodes-a-blog/1324182.

 "Blender geometry nodes fundamentals guide." Artisticrender.com, Accessed 26 Nov. 2024. https://artisticrender.com/blender-geometry-nodes-fundamentals-guide/.

479

Результати реалізації Geometry Nodes



Рисунок Б.1 – Початок анімації.



Рисунок Б.2 – Кінець анімації.