Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Медіасистем та технологій
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження методики підготовки тривимірного персонажа до анімації
(тема)

Виконала:
студентка 2 курсу, групи ТЕМВм-20-1

Глушко М.М.

Спеціальності 186 Видавництво та поліграфія

Тип програми Освітньо-професійна

Освітня програма
Технології електронних
та мультимедійних видань

Керівник проф. Левикін І.В.

Допускається до захисту
Зав. кафедри МСТ _____ Дейнеко Ж.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2021 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
Кафедра Медіасистеми та технології
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія
Тип програми Освітньо-професійна
Освітня програма Технології електронних та мультимедійних видань
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри МСТ_____
(підпис)
« 01 » жовтня 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові *Глушко Марині Максимівні*
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методики підготовки тривимірного персонажа до анімації
затверджена наказом по університету від " 29 " жовтня 2021 р. № 1612 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 30 листопада 2021р.

3. Вихідні дані до роботи
Тип продукції: тривимірна модель анімованого персонажа;
Призначення дослідження: Методика підготовки 3D-моделі до анімації

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі
Вступ; 1 Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу; 2 Аналітичний огляд літератури за темою роботи; 3 Огляд і аналіз існуючих підходів до створення моделей; 4 Розробка рекомендацій щодо створення моделі; 5 Розробка методики і складання плану проведення експерименту; 6 Проведення експерименту, оцінка ефективності результату; 9 Економічне обґрунтування дослідження. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Вихідні дані та мета роботи; Актуальність дослідження, Мета роботи, Задачі дослідження, Аналіз існуючих підходів до розробки тривимірних моделей анімованих персонажів; Розробка рекомендацій щодо створення моделі; Розробка методики і складання плану проведення експерименту; Проведення експерименту, оцінка ефективності результату; Економічне обґрунтування дослідження. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	про. Левикін І.В.		
Економічна частина	проф. Полозова Т.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи (проекту)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	01.11.2021	
2	Аналітичний огляд літератури за темою роботи	01.11.2021	
3	Огляд і аналіз існуючих підходів до створення моделей	01.11.2021	
4	Розробка рекомендацій щодо створення моделі	07.11.2021	
5	Розробка методики технологічного процесу створення та опрацювання моделі	07.11.2021	
6	Розробка методики і складання плану проведення експерименту;	14.11.2021	
7	Проведення експерименту, оцінка ефективності результату	21.11.2021	
8	Економічне обґрунтування дослідження	25.11.2021	
9	Оформлення пояснювальної записки	28.11.2021	
10	Оформлення графічної частини	28.11.2021	

Дата видачі завдання «*29*» *жовтня* 2021 р.

Студент _____ Глушко М.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ проф. Левикін І.В.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 70 стор., 5 табл., 40 рис., 17 джерел.

3D, ТРИВИМІРНА МОДЕЛЬ, ПОЛІГОН, КІНЕМАТИКА, АНІМАЦІЯ.

Мета кваліфікаційної роботи магістра – розробка методики створення тривимірної моделі персонажа-дитини та оцінка переваг такої методики. Об'єктом дослідження в кваліфікаційній роботі є процес підготовки до анімації тривимірного персонажа дитини, предметом дослідження – особливості такого персонажа, які якісно передають образ дитини на підставі її фізіологічних особливостей і особливостей руху.

Теоретична значущість цього дослідження полягає розробці та систематизації методичної інформації, необхідної для якісного опрацювання специфічних тривимірних персонажів.

Практична значущість полягає в застосуванні отриманих знань для самостійної розробки та вдосконалення процесу підготовки тривимірних персонажів до анімації, робота може бути використана в інформаційних цілях для зацікавлених осіб.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка содержит 70 стр., 5 табл., 40 рис., 17 источников.

3D, ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ, ПОЛИГОН, КИНЕМАТИКА, АНИМАЦИЯ.

Цель квалификационной работы магистра – разработка методики создания трехмерной модели персонажа-ребенка и оценка преимуществ такой методики. Объектом исследования в квалификационной работе является процесс подготовки к анимации трехмерного персонажа ребенка, предметом исследования – особенности такого персонажа, которые качественно передают образ ребенка на основании его физиологичных особенностей и особенностей движения.

Теоретическая значимость этого исследования заключается разработке и систематизации методической информации, необходимой для качественной проработки специфических трехмерных персонажей.

Практическая значимость заключается в применении полученных знаний для самостоятельной разработки и совершенствования процесса подготовки трехмерных персонажей к анимации, работа может быть использована в информационных целях для заинтересованных лиц.

ABSTRACT

The explanatory memorandum contains 70 p., 4 tabl., 18 pic., 17 sources.

3D, THREE-DIMENSIONAL MODEL, POLYGON, KINEMATICS, ANIMATION.

A purpose of qualifying work of master's degree is development of methods of creation of three-dimensional model of personage-child and estimation of advantages of such methods. A research object in qualifying work is a process of preparation to animation of three-dimensional personage of child, by the article of research are features of such personage, which high-quality pass character of child on the basis of his physiology features and features of motion.

Theoretical meaningfulness of this research consists to development and systematization of methodical information, necessary for the high-quality working of specific three-dimensional personages.

Practical meaningfulness consists in application of the got knowledge for independent development and perfection of process of preparation of three-dimensional personages to animation, work can be used in informative aims for the interested persons.

ЗМІСТ

С.

ВСТУП 8
1 ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ 12
1.1 Підготовка до створення персонажа 12
1.2 Моделювання персонажа 13
1.3 Полігональна сітка моделі і топологія 15
1.4 Моделювання і правильна топологія голови 19
1.5 Текстурування 21
2 ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕЦИФІКИ ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЖА ДО АНІМАЦІЇ. МЕТОДИ ТРИВИМІРНОЇ АНІМАЦІЇ 23
2.1 Рігинг і скінінг 23
2.2 Ієрархія скелета персонажа 25
2.3 Кінематичні зв'язки персонажа 27
2.4 Огляд методів тривимірної анімації 29
3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЖА ДИТИНИ ДО АНІМАЦІЇ 33
3.1 Характерні особливості образу тривимірного персонажа дитини 33
3.2 Особливості підготовки до анімації тривимірного персонажа дитини 37
3.3 Алгоритм підготовки до анімації тривимірного персонажа дитини 39
4 АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ 45
4.1 Опис процесу створення персонажа 45
4.2 Аналіз результатів 54
4.3 Якісна оцінка розробленої методики 55
4.4 Висновки за розділом 57
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 58
5.1 Характеристика науково-дослідної роботи 58
5.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата 59
5.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР 61
5.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи 65
ВИСНОВКИ 67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 69

ВСТУП

З кожним роком тривимірна графіка стає усе більш популярною і, на сьогодні, однією з її самих затребуваних областей є створення тривимірних персонажів і надання ним рухів, тобто їх анімація. Тривимірні персонажі використовуються в багатьох сферах: реклама, телебачення, кіноіндустрія, ігрова індустрія, і актуальні для різних вікових категорій.

Хороший тривимірний анімаційний персонаж незалежно від цілей створення має бути живим, мати особливий характер і зовнішність, що запам'ятовується. Яскравий тривимірний персонаж цікавий не лише своїм зовнішнім виглядом, але і поведінкою і стосунками з глядачем. Одним з найбільш популярних образів тривимірних персонажів є діти. Персонаж-дитина краще за інші тривимірні образи виконує вищеописані функції. Діти в анімаційній сфері завжди привертають увагу, і за рахунок свого милого образу підвищують лояльність з боку аудиторії і залученість глядача до сюжету.

Створення тривимірного персонажа складається з декількох етапів: вигадування концепту, нариси, моделювання, текстурування і підготовка до анімації (рігинг і скінінг). Зазвичай над кожним етапом працює окремий фахівець або група фахівців. Підготовка до анімації персонажа вважається одним з найскладніших етапів в створенні комп'ютерної графіки, і із-за затребуваності і актуальності, на сьогодні, існує величезний попит на розвиток можливостей інструментальних систем.

Вже на сьогодні сучасні технології дозволяють втілити в життя будь-які дизайнерські ідеї, велику популярність отримують науково-фантастичні і дослідницькі сюжети кіно, а також анімаційні фільми. Комп'ютерна графіка використовується майже в кожному фільмі, в якому є присутній не існуючі у реальному світі дійові особи і предмети, або для створення спецефектів, які складно отримати знімальними приладами.

Однією з найбільших ніш застосування тривимірної графіки є мультиплікація. На справжній момент існують сотні створених

короткометражних і повнометражних анімаційних фільмів і по всьому світу відкриті десятки анімаційних студій. Анімаційні технології нестримно розвиваються, і з кожним роком найбільші студії здійснюють значущі еволюційні прориви, і дарують світу прекрасні художні картини.

Зараз в кінопрокат виходить уся більша кількість анімаційних фільмів з використанням образів дітей, це пов'язано з тим що зазвичай цільовою аудиторією мультфільмів є діти і їх батьки, і їм близький і цікавий образ дитини. Більшість цих мультфільмів розроблені відомими зарубіжними студіями. Були досліджені тривимірні анімаційні фільми за останні 10 років, на наявність в них персонажів тривимірних дітей у віці 1-2 років. Згідно з проведеними дослідженнями, доля американських анімаційних фільмів займає 82,4%, а у вітчизняній анімації немає прикладів використання персонажів дітей такого віку. Вітчизняна індустрія анімаційного кіно все ще знаходиться на стадії розвитку, і на цьому етапі їй потрібні нові дослідження і методи, для поліпшення якості своїх робіт.

Тривимірна анімація є дуже затребуваною і досягла високого рівня. Створення анімації завжди починається з етапу рігинга, тобто підготовки персонажа до анімації. Але створення якісного скелета є дуже трудомістким і специфічним процесом, незважаючи на усі розроблені технології і наукові відкриття. Основна складність полягає в тому, що для його створення потрібне розуміння динаміки рухів персонажа. Адже чим правдоподібніше рухатиметься персонаж, тим привабливіше і цікавіше він буде для цільової аудиторії. Відповідно, дуже важливим напрямом розвитку анімаційної індустрії є пошук методів поліпшення і спрощення цього процесу [1].

Одним з самих трудомістких етапів підготовки до анімації персонажа вважається створення лицьового ріга для управління мімікою персонажа. Ріг (англ. Rig – оснащення, пристосування, упряжка) – термін в комп'ютерній анімації, який описує набір залежностей між керуючими і керованими елементами, створений таким чином, щоб керуючих елементів було менше, ніж керованих. Призначення – спростити маніпуляцію великою кількістю об'єктів.

Правильна лицьова міміка є одним з найважливіших аспектів реалістичної анімації, вона додає маленькі, непомітні на перший погляд нюанси, саме які і роблять персонажа живішим і справжнім. Якісне вираження емоцій і міміста так само є дуже важливими в образі персонажа-дитини.

Технології розробки тривимірних персонажів і їх анімації застосовуються досить широко нині, що підтверджує актуальність вибраної теми. Окремі аспекти напряму були розглянуті в роботах кафедри МСТ ХНУРЕ та представлені в тезах Школ-семінарів Міжнародної науково-технічної конференції PMW. Зокрема, висвітлено застосування низько полігональних моделей [1], особливості створення тривимірних персонажів [1], проблеми оптимізації тривимірних моделей [3].

Мета кваліфікаційної роботи магістра – розробка методики підготовки до анімації тривимірного персонажа дитини.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

– вивчити технології і етапи розробки персонажа;

– провести дослідження специфіки і аналіз методів підготовки персонажа до анімації;

– проаналізувати поширені методи побудови тривимірної анімації;

– виявити характерні особливості образу тривимірного персонажа дитини і особливості підготовки його до анімації;

– розробити правила для створення тривимірного персонажа дитини на основі його фізіологічних особливостей і особливостей його образу.

Об'єктом дослідження в кваліфікаційній роботі є процес підготовки до анімації тривимірного персонажа дитини, предметом дослідження – особливості такого персонажа, які якісно передають образ дитини на підставі її фізіологічних особливостей і особливостей руху.

Теоретична значущість цього дослідження полягає розробці та систематизації методичної інформації, необхідної для якісного опрацювання специфічних тривимірних персонажів.

Практична значущість полягає в застосуванні отриманих знань для самостійної розробки та вдосконалення процесу підготовки тривимірних персонажів до анімації, робота може бути використана в інформаційних цілях для зацікавлених осіб.

Для досягнення мети були використані такі методи дослідження, як аналіз літературних джерел, систематизація зібраного за темою матеріалу, класифікація і узагальнення, виявлення структури, проектування, практичне опрацювання.

Структура кваліфікаційної роботи магістра обумовлена предметом, метою і завданнями дослідження. Робота складається з введення, 11 розділів й висновків.

У першому розділі розглянуто теоретичні аспекти підготовки до створення тривимірної моделі персонажа, визначені основні етапи створення, особливості топології. В другому розділі розглянуто специфіку підготовки персонажа до анімації, зокрема рігінг та спінінг, тобто підготовка скелетного каркасу та текстурованої поверхні. В третьому розділі описані особливості процесу створення персонажа дитини з урахуванням її фізіологічних особливостей. В четвертому розділі наведено аналіз практичного застосування запропонованої методики та виконано якісну оцінку створеної моделі за допомогою експертного оцінювання методом попарного порівняння.

Надалі визначено витрати замовника на науково-дослідну роботу щодо розробки такої методики. Наприкінці узагальнено висновки з проведеного дослідження.

1 ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Визначимо основні етапи в процесі створення тривимірного персонажа.

1.1 Підготовка до створення персонажа

Створення персонажа завжди починається з опису майбутньої концепції. Процес створення персонажа включає величезну кількість художніх аспектів, таких як вибір розміру, форми, кольору і текстури. Персонаж повинен мати правдоподібні пропорції, бути цікавим і привабливим для ока. Важливим вважається і технічний аспект, розумно спроектований персонаж значно полегшує роботу аніматора, тобто можна стверджувати, що добре продуманий персонаж один з аспектів хорошої анімації.

Перш ніж приступати до створення персонажа, треба точно знати де і як він використовуватиметься, що він робитиме і як він взаємодіятиме з іншими персонажами або з довкіллям, яка стилістика потрібна для цього проекту і яку деталізацію потрібно. Залежно від цих завдань приймаються рішення про дизайн і стилістику персонажа, метод створення і використовуване програмне забезпечення. У кожній області є присутній свої технічні вимоги, наприклад обмеження на кількість полігонів для персонажів ігрової індустрії. Образ персонажа повинен описувати його характер.

Один з найважливіших виборів в створенні персонажа – вибір стилю. Існують дві великі категорії: реалістичні і стилізовані персонажі, і безліч граней між ними. Реалістичний дизайн наближений до природи і прагне її імітувати, настільки близько, наскільки це можливо, тоді як стилізований дизайн більше схожий на карикатурне або "мультяшне" уявлення про світ [11].

Зараз більшість студій і аніматорів здатні створювати персонажів, які виглядають досить реально і інтегрувати їх в живе середовище. Проте, потрібно враховувати, що реалізм обходиться набагато дорожче і складніше [12]. Чим реалістичніше буде створений персонаж, тим складніше його анімуватиме. Це

правило особливо сильно торкається персонажів людини, адже аудиторія яка бачитиме цього персонажа добре розбирається в поведінці людини і бачить їх щодня, означає їй буде дуже сильне помітно, якщо персонаж рухатиметься не досить реалістично.

Стилізовані персонажі дозволяють уникнути деяких проблем пов'язаних з реалізмом. Якщо персонаж виглядає не повністю фотореалістичним, глядачі більше охоче прийматимуть його не реалістичні рухи і поведінку.

1.2 Моделювання персонажа

Після створення концепту майбутнього тривимірного персонажа, починається робота над моделюванням персонажа. Модель повинна не лише добре виглядати, але також повинна відповідати технічним вимогам. Більшості моделей потрібна деформація під час анімації, відповідно модель має бути створена у такий спосіб, щоб вона деформувалася легко і природно. Правильно побудований персонаж полегшить подальшу роботу з його анімацією.

Існує декілька способів моделювання персонажа. Поверхню моделі персонажа можна створити декількома способами: за допомогою полігонів, патчів або NURBS поверхонь (неоднорідні раціональні B-сплайни)[13, 8].

Полігональне моделювання було першою формою тривимірного моделювання, розробленою для комп'ютерної графіки. Відтоді були створені нові складніші і сучасніші методи моделювання, але полігональне моделювання все одно залишається найбільш ефективним і частіше використовуваним. Полігональні моделі прості в конструюванні, і їх можна використовувати практично в будь-якій області. Полігон – це прямокутник або трикутник, який є площиною. Кожна полігональна модель складається з групи таких полігонів, які задають поверхню персонажа, ніж більше полігонів тим більше полігональною вважається модель [13].

Одна з найголовніших переваг полігонального моделювання те, що цей метод може бути застосований до будь-яких поверхонь. Багато інструментів, в

основі яких лежить патч-моделювання, добре працюють тільки з поверхнями з простою топологією, такими як площина, циліндр або куля, а для створення складного об'єкту, наприклад тіла людини, потрібне з'єднання між собою декількох поверхонь. Полігональне моделювання не має цього топологічного обмеження, і з його допомогою можна створювати любимий складні поверхні.

Іншою перевагою полігонального моделювання є простота: полігональна модель зазвичай складається з одного об'єкту, тоді як NURBS моделі складаються з десятків об'єктів, що ускладнює увесь проект і роботу з ним.

Недоліком полігонального моделювання вважається, то що полігон є площиною, і для створення досить гладкої поверхні, потрібна велика кількість маленьких полігонів. Але ніж більше полігонів містить модель, тим важче вона піддається анімації. Для обходу цієї проблеми існує прийом ущільнення каркаса, який полягає в тому, що спочатку створюється модель, зручна для анімації, з низьким вмістом полігонів, а потім, в процесі візуалізації, додаються додаткові деталі, для отримання гладшої поверхні.

Моделювання за допомогою патчів і NURBS поверхонь. Патчи – це фрагменти поверхні, як і полігони, з яких складається тривимірна модель, їх відмінність від полігонів в тому що у них складніша конструкція. Полігони обмежені прямими лініями, тоді як патчи мають криві замість ребер. Ці криві і визначають криволінійну поверхню, і оскільки вони задаються математично, то забезпечують ідеальну гладкість. Патчи бувають різних типів, залежно від використовуваних кривих, наприклад криві Без'е або B-сплайни. Другі є найбільш поширеними і називаються NURBS поверхнями. Вони істотно відрізняються своєю неоднорідністю, вони дозволяють створювати зігнуті поверхні і підтримують задавати вагу для кожної вершини, що дозволяє точніше визначити кривизну [11].

Високополігональне моделювання. Для створення надточних моделей застосовується високополігональне моделювання. Воно дозволяє створювати моделі дуже хорошою деталізацією. Процес створення високополігональної тривимірної моделі називають цифровими скульптингом або ліпленням, робота

над створенням такого персонажа фактично нагадує процес ліплення, тільки в цифровому середовищі. Одними з найпопулярніших програм з можливістю скульптинга є Pixologic Zbrush, 3D Coat і Autodesk Mudbox. На жаль результат отриманий із застосуванням високополігонального моделювання не придатний для анімації персонажа, із-за неправильної топології. Такі моделі вимагають створення спрощеної копії з найменшою кількістю полігонів. Ця технологія називається – ретопологія.

1.3 Полігональна сітка моделі і топологія

Полігональною сіткою або мешем (від англ. mesh) називають сукупність вершин, ребер і полігонів, які утворюють поверхню тривимірної моделі. Як вже говорилося вище полігони бувають двох видів: чотирикутні і трикутні. Відповідно і полігональна сітка може бути двох видів.

Зазвичай проблема вибору трикутників або чотирикутників зосереджена навколо дроблення поверхонь і згладжування. Це актуально при моделюванні органічних тіл, наприклад людини або тварини, особливо якщо ці моделі піддаватимуться майбутній анімації. Такі об'єкти краще моделювати з використанням чотирикутників. Вважається, що краще всього будь-які моделі завжди створювати за допомогою чотирикутної сітки, тому що її деформація передбачувана, на відміну від зміни поверхні, зробленої з трикутників [13].

При створенні будь-якої моделі, розробники завжди прагнуть зробити її як можна гладшою і природнішою. Цього можна добитися без того, що обважнює моделі. Існують алгоритми дроблення поверхонь, метою яких є додавання нових елементів для збільшення деталювання. Зазвичай їх застосовують до низькополігональних об'єктів, створюючи високополігональну згладжену поверхню. Цей алгоритм краще застосовувати до поверхонь з чотирикутною полігональною сіткою, оскільки результати будуть більше передбачувані. А з трикутниками дроблення може стати занадто складним, і в результаті згладжування на поверхні можуть виникнути видимі аномалії. Це

виникає через те, що трикутник має непарну кількість вершин. При розміщенні серед чотирикутників трикутника, можуть виникнути "вади" на поверхні і небажані спотворення під час анімації. Трикутники можна використовувати в моделюванні, і в більшості випадків дуже складно уникнути їх появи, але краще по можливості їх приховувати, щоб вони не створювали проблем. Проте, виключенням є низько-полігональні моделі, або статичні об'єкти, наприклад архітектурні, які не будуть анімовані по усій сітці, і тому в них допустиме використання трикутної полігональної сітки.

Топологія у сфері моделювання – це здатність сітки коректно реагувати на деформації, вона відповідає за те як саме полігони формують тривимірну модель [13]. Хороша полігональна сітка має бути рівномірною, оптимальною, не надмірною і не важкою, не повинна містити в собі заломів і перекрутів.

Правильна топологія вирішує два важливі аспекти тривимірного моделювання: забезпечує правильну деформацію об'єкту при анімації і дозволяє використовувати мінімальну кількість полігонів для опису потрібної форми. Для правильної деформації необхідно розміщувати полігони так, щоб при русі кісток або м'язів, правдоподібно повторювалися реальні опуклості від них. Наприклад, ущільнення сітки на колінах і ліктях. Неправильна топологія приведе до неприємних спотворень сітки при анімації персонажа. Використання найменшої кількості полігонів дозволяє працювати з моделлю, споживаючи меншу кількість ресурсів.

Розглянемо приклад полігональної сітки руки (рис. 1.1). Ліворуч розташована правильна топологія, а ліворуч неправильна, в ній є присутня велика кількість трикутників і сітка не повторює основні рухи м'язів і кісток.

Вивчаючи існуючі полігональні сітки персонажів, можна дізнатися багато нового про те, як правильно розміщувати топологію і чому. Сьогодні існує величезна кількість прикладів правильної топології, більшість з них – це роботи відомих зарубіжних анімаційних студій (рис. 1.2-1.4).

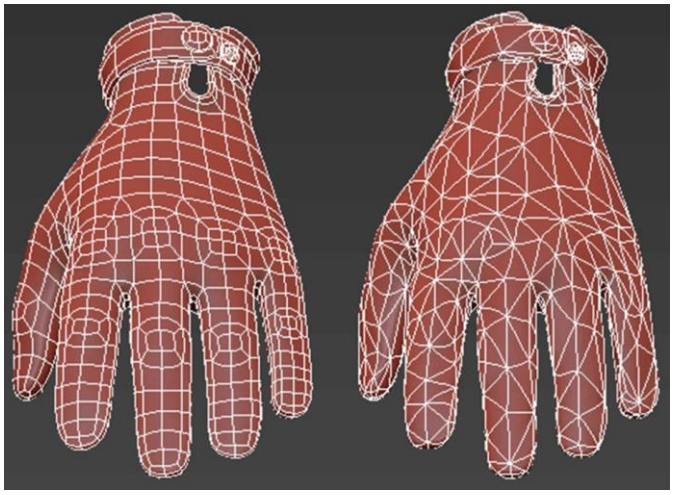

Рисунок 1.1 – Правильна і неправильна топологія на прикладі руки

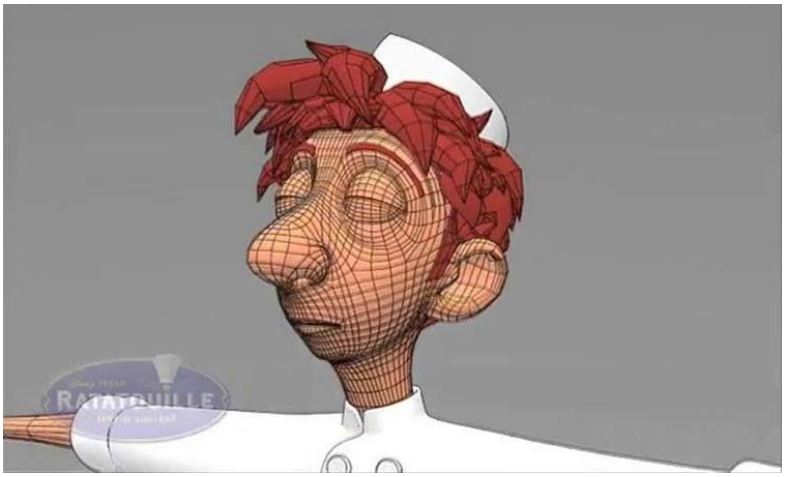

Рисунок 1.2 – Топологія персонажа анімаційного фільму "Рататуй"

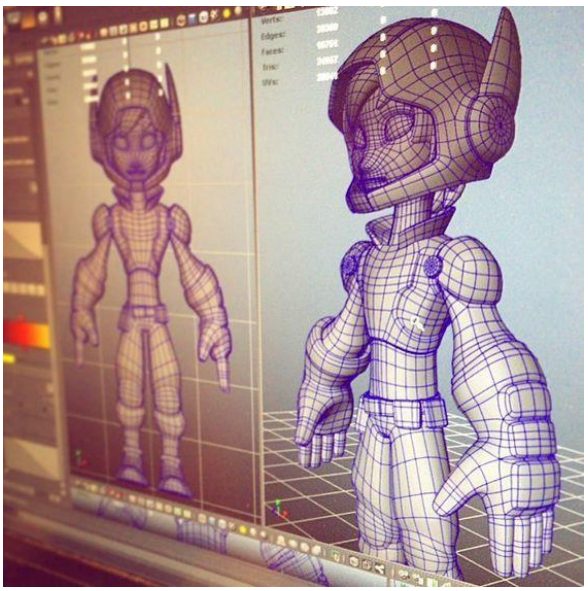

Рисунок 1.3 – Топологія персонажа анімаційного фільму "Місто героїв"

Рисунок 1.4 – Топологія на прикладі персонажів дітей

Існує метод зміни готової топології – ретопологія, буквально означає створення топології ще раз. Зазвичай ретопологію роблять для високополігональних моделей. Ретопологія дозволяє змінювати топологічну сітку з максимальним збереженням форми об'єкту, використовуючи для цього поверхню високополігональної моделі. Наприклад такі технології використовуються в програмах 3D Coat і Topogun, але існує так само множина інших. Головною перевагою використання програм для ретопології персонажа, являється створення правильної топології поверхні, це означає, що розташування полігонів відповідає природним контурам, м'язовій структурі і лініям тіла персонажа, що дозволяє уникнути труднощів при подальшій анімації. Також ретопологія дозволяє зменшити кількість полігонів в моделі.

Метод полігонального моделювання є поширенішим, підтримує більшість програмних пакетів і дозволяє створювати досить хороших персонажів. З його допомогою можна створювати відразу модель з правильною полігональною сіткою, тим самим уникнувши проблем з топологією.

Для створення правильної полігональної сітки необхідно:

– створювати, по можливості, чотирикутну полігональну сітку, уникати трикутників, особливо в місцях активної деформації сітки;

– прагнути до ідеального співвідношення сторін, як у квадрата, уникати занадто довгих і непрямокутних полігонів;

– використовувати рівномірний розподіл полігони по поверхні моделі;

– застосовувати розміщення вершин одного полігону в одній площині.

Створення оптимальної сітки має за мету використання мінімальною можливої кількості полігонів без втрати якості моделі.

1.4 Моделювання і правильна топологія голови

Голова, а зокрема обличчя персонажа мають дуже складну структуру і для їх моделювання необхідно знати анатомічні особливості їх будови. Якщо персонаж створюється для наступної анімації, то це повинно враховуватися при створенні, щоб анімація вийшла правдоподібною і легкою у виконанні. При моделюванні голови застосовуються ті ж методи, що і при моделюванні інших частин тіла. Правильно створена модель особи грає величезну роль в передачі емоційної складової персонажа, адже людська особа здатна виражати широкий спектр емоцій.

Обличчя є складним набором м'язів, які тягнуть і розтягують шкіру різними способами (рис. 1.5). Знання цих м'язів і їх функцій значно спрощує створення голови і обличчя персонажа. Для застосування цих знань при моделюванні і анімації тривимірних моделей, потрібне хороше розуміння, як рух м'язів впливає на вираз обличчя. Групи м'язів діляться на два види: м'язи нижньої частини особи, які контролюють рот і щелепа, і верхні м'язи особи, контролюючі очі і брови.

Топологія дуже важлива для голови персонажа, особливо для особи. Правильна сітка навколо очей і рота полегшить наступну анімацію. Для переконливої анімації міміки персонажа, потрібне створення топології особи, яка легко імітує рух уздовж напрямів, по яких тягнуться м'язи (рис. 1.6) [5].

Розглянемо приклад топології особи (рис. 1.7). На прикладі добре видно різниця між правильною і неправильною полігональною сіткою. На зображенні ліворуч, є присутній ламані лінії, трикутні полігони і нерівномірна щільність полігонів. Справа щільність полігонів рівномірна, відсутність трикутників і необхідна кількість деталей.

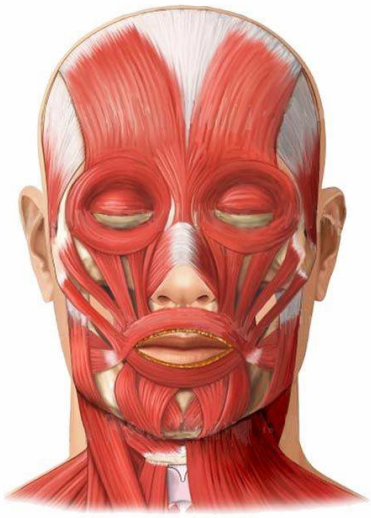

Рисунок 1.5 – Розташування лицьових м'язів на голові людини

Рисунок 1.6 – Основні напрями розміщення полігональної сітки на обличчі

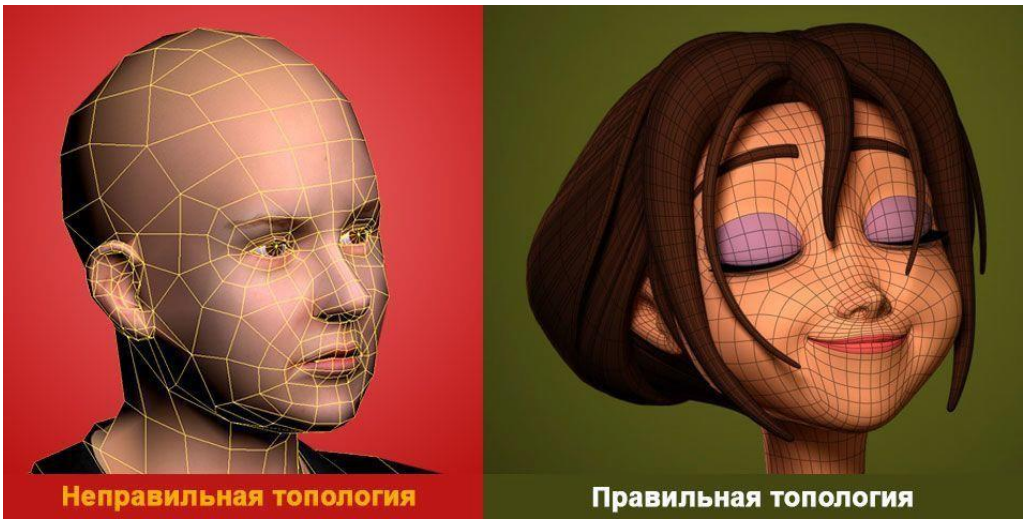

Рисунок 1.7 – Правильна і неправильна топологія на прикладі особи

Розглянемо приклади правильної топології особи на прикладах відомих анімаційних студій (рис. 1.8-1.9).

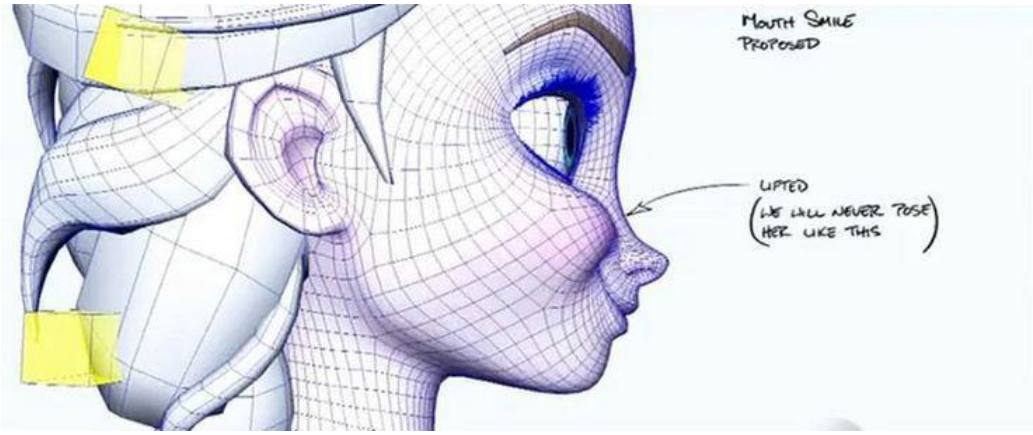

Рисунок 1.8 – Топологія особи на прикладі персонажа
з анімаційного фільму "Холодне серце"

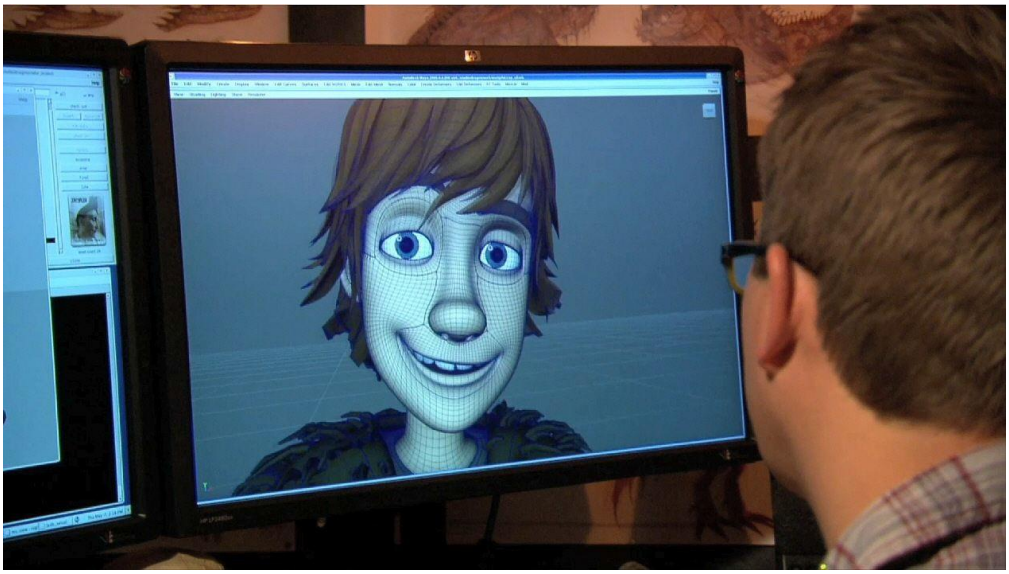

Рисунок 1.9 – Топологія особи на прикладі персонажа
з анімаційного фільму "Як приручити дракона"

1.5 Текстурування

В результаті етапу моделювання виходить лише математична модель, яка містить інформацію тільки про геометричну форму об'єкту. Наступним етапом створення тривимірного персонажа є створення матеріалів і текстур. Текстури

використовуються для того, щоб надати моделі потрібний колір і відбиваючу здатність, вони надають моделі унікальність і роблять її реалістичною.

Текстура – це двовимірне зображення, що накладається на тривимірну модель. Текстури бувають процедурними і растровими.

Процедурні текстури генеруються за допомогою алгоритмів, вони зазвичай мають не дуже велику деталізацію, проте вони зручні для створення різних складних ефектів, наприклад змішування між собою растрових текстур. Малюнок процедурної текстури змінюється редагуванням атрибутів [8].

Растрові текстури – це текстури намальовані в графічному редакторові, імпортовані в сцену і розміщені на поверхні об'єкту. Для їх розміщення використовуються проекційні карти [13].

Текстури задають тільки колір моделі і її малюнок, а відбиваюча здатність, рельєф, заломлення і прозорість задаються у властивостях матеріалу. Зазвичай, художники по текстурам використовують растрові текстури. При використанні растрових текстур, необхідно враховувати розміри зображень і те що якість растрового файлу обмежена його розміром. Призначення текстур на моделі починається з розгортки карт текстур, тобто з представлення поверхні моделі у вигляді проекції на площину.

Для створення коректного текстурування, існує ряд вимог до розгортки карт текстур:

– розмір полігонів на сітці карт текстур повинен відповідати або бути схожим на розмір цих же полігонів на тривимірній геометрії. інакше текстура на поверхні моделі може бути схильна до спотворення;

– потрібне ефективне заповнення простору квадрата текстури, інакше це може привести до погіршення якості відображення текстури;

– уникнення попадання швів карт текстур на видимих частинах моделі.

Коли розгортка моделі готова, художник по текстурам починає роботу над створенням текстур. Після створення усіх текстур, настроюється матеріал і призначається на тривимірну модель.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕЦИФІКИ ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЖА ДО АНІМАЦІЇ. МЕТОДИ ТРИВИМІРНОЇ АНІМАЦІЇ

2.1 Рігинг і скінінг

Після того, як моделювання персонажа закінчене, слідує етап підготовки його до анімації. Цей процес називається рігинг (від англ. Rigging – оснащення), він полягає в додаванні до моделі цифрового скелета і елементів його управління, щоб аніматор згодом міг маніпулювати і анімувати персонажа. Скелет створюється за допомогою створення системи кісток персонажа і установкою ієрархічної залежності між кістками і суглобами моделі [5, 11].

Головне завдання рігинга – максимально спростити роботу аніматорові, організувати рух кожної групи кісток і створити зручний інтерфейс для управління. Правильно побудований скелет дозволяє швидко і просто маніпулювати усіма частинами анімованої моделі [11].

Зручність скелетної анімації полягає в тому, що вона дозволяє маніпулювати великою кількістю елементів за допомогою маленької кількості керованих контролерів.

Відділ, що займається рігингом, щільно взаємозв'язаний з іншими етапами розробки – з моделінгом і анімацією персонажів. Для хорошого ріга потрібна оцінка топології моделі, можливості її деформації, щільність сітки, наприклад в місцях згинів. Важливу роль грає розуміння принципів анімації і технологій використовуваних аніматором. Також необхідно знати основи анатомії, будови тіла і принципи роботи м'язів людини і суглобів.

Зазвичай скелети для персонажів людини або тварини створюють на основі їх анатомічної будови з невеликими змінами. Ці зміни в більшості випадків пов'язані з урахуванням особливостей поведінки кісток в тривимірному середовищі. Іноді потрібне створення додаткових кісток, яких немає у людини, для правильнішої і реалістичнішої деформації моделі. Від складності структури рігу

залежить його гнучкість і правдоподібність анімації. Але з іншого боку, ніж більше кісток в структурі скелета, тим складніше з ним працюватиме.

Скелет складається з набору згрупованих і правильно розміщених вузлів, званих суглобами (joints). Саме з їх допомогою здійснюються маніпуляції над персонажем. А кістки в системі скелета задають лише відстань між суглобами, а також роблять систему наочнішою [11].

Далі для суглобів задаються значення трансформації і створюються можливі кути повороту і обертань, які дозволяють уникнути протиприродних трансформацій, наприклад, щоб руки і пальці не гнулися в непотрібному напрямі.

Наступним етапом для вузлів рігу створюються управляючі елементи – контролери, які значно прискорюють і спрощують роботу з анімацією моделі, їх використання нагадує маніпуляції в ляльковій анімації.

Завдяки тому, що між кістками персонажа встановлюється ієрархічна залежність, переміщення кожної кістки залежної від іншої, є набір її власних трансформацій і трансформацій батьківської кістки. Наприклад, при зміщенні кости стегна слідує зміщення кісток усієї ноги. Правильне налаштування цих залежностей спрощує процес анімації, наприклад, дозволяє вказувати траєкторію зміщення одних кісток, які тягнутимуть за собою інші, що знаходяться в ієрархічному підпорядкуванні.

Після того, як скелет і елементи, що управляють, готові, необхідно зв'язати їх з моделлю, щоб при анімації вона рухалася за кістками скелета.

Цей процес називається скінінг (від англ. skinning – буквально "натягування шкіри"). Скінінг полягає в зв'язуванні вершин поверхні персонажа з кістками. Ділянки моделі кріпляться до відповідних ділянок скелета, наприклад шия до шийних кісток.

В процесі скінінга на поверхні моделі позначаються місця впливу кісток на певні ділянки, найбільший вплив приділяється місцям згинів. Складність цієї роботи полягає в наступному: потрібне точне розуміння, яка група вершин піддається дії трансформації саме цих кісток, щоб випадково не зачепити інші, і які групи вершин піддаються дії більш ніж однієї групи вершин.

2.2 Ієрархія скелета персонажа

Скелет тривимірного персонажа представляється як ієрархічний ланцюжок з суглобів і кісток. Ця ієрархія, у свою чергу, представляє з себе деревовидну структуру, кожне з'єднання формує гілку, створювані кістки зв'язуються один з одним відношенням "предок – нащадок". На самому верху ієрархічного ланцюжка поміщається, так званий, "кореневий вузол", тобто кореневий суглоб (root joint), який є предком для усіх кісток розташованих нижче, він вважається головним, а інші суглоби знаходяться в його підпорядкуванні. Це підпорядкування поширюється на усі властивості трансформації об'єктів : переміщення, обертання і масштабування. Головний принцип цього ієрархічного ланцюжка полягає в тому, що у батька може бути нескінченне число нащадків, тоді як у нащадка тільки один батько.

У тривимірній анімації ієрархія використовується повсюдно і дозволяє зручно трансформувати об'єкти. Головна зручність полягає у тому, що для маніпуляцій з якою-небудь частиною об'єкту, що знаходиться в ієрархічному зв'язку, немає необхідності виділення кожного зв'язку цього ланцюжка, а досить виділення тільки батька і твору з ним необхідних маніпуляцій.

Як приклад розглянемо ногу (рис. 2.1). В даному випадку стегновий суглоб є кореневим, услід йде колінний суглоб, який є нащадком по відношенню до нього, і предком розташованого нижче гомілковостопного суглоба. Закінчують ієрархічний ланцюжок п'ять суглобів, що відповідають за згинання пальців ноги [11].

Створення скелета дозволяє отримати придатну для анімації ієрархічну структуру, яка повторює форму геометричної оболонки. Відповідно, в процесі з'єднання скелета з оболонкою не виникає необхідності деформувати саму оболонку, тому що вона стає дочірнім елементом по відношенню до скелета, то при маніпуляціях над елементами скелета, ті ж самі зміни повторюються і для оболонки.

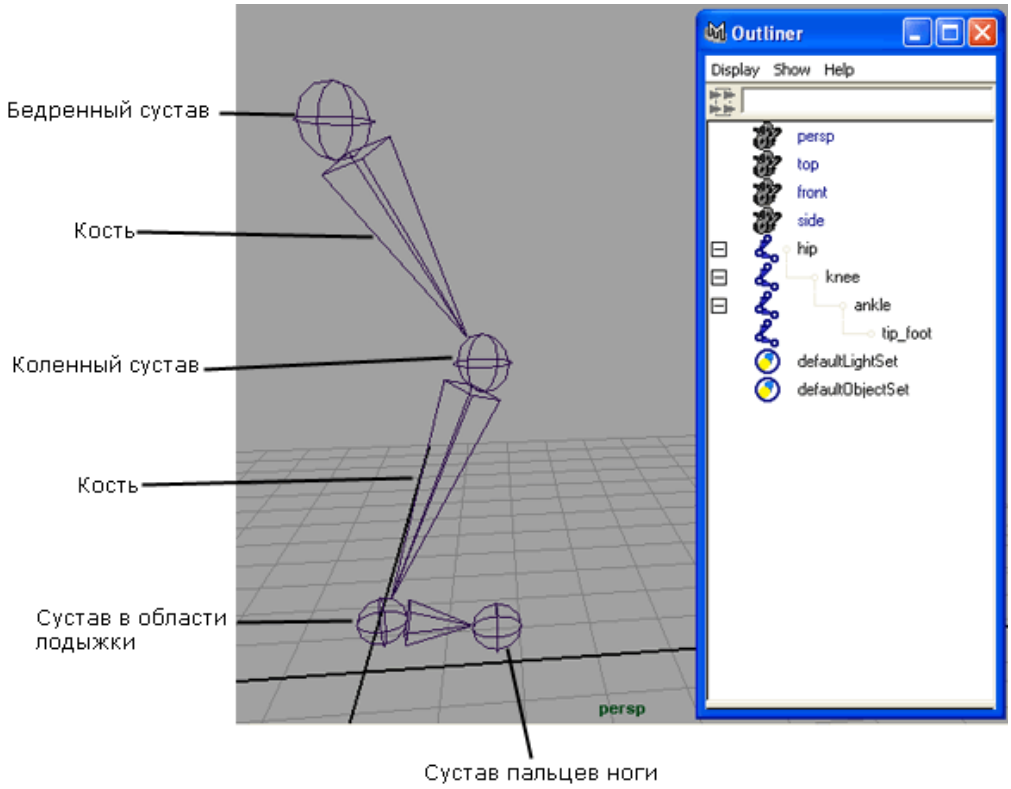

Рисунок 2.1 – Ієрархія кісток ноги

Для створення скелета можна використовувати не лише "класичні" кістки, прості об'єкти, що взаємодіють між собою за допомогою ієрархії, але і складніші системи кісток, спеціально розроблені для створення скелетів. Такі системи зазвичай називаються автоматичним рігінгом і використовуються для миттєвого створення і налаштування скелета персонажа. Прикладами таких систем є інструменти вбудовані в тривимірні пакети, а також сторонні модулі, що підключаються, наприклад Mixamo, MotionBuilder's Actor, BonyFace. Ці модулі спеціалізуються на швидкому і зручному способі створення і редагування скелетів для персонажів.

Відмінність авторігу від "класичних" кісток полягає в тому, що звичайні кістки мають тільки ієрархічні зв'язки між собою, а спеціальні системи кісток окрім ієрархічних зв'язків, мають складніші зв'язки, що управляють, між собою, що дозволяє не витрачати час на створення усієї структури з нуля, а відразу приступити до скінінгу.

Але у цих систем також існує величезна кількість мінусів. Зазвичай авторіги є універсальними, вирішують тільки прості завдання, підходять для роботи тільки із звичайними персонажами. Якщо перед рігером стоїть не стандартне завдання, то готовий ріг доведеться сильно змінювати і виправляти під потреби, що не завжди буває зручним і трудомістким, і найчастіше простіше створити усю систему самому з нуля. Ще одним мінусом є те, що зазвичай авторіги не мають достатньої акуратності і точності для професійного використання.

Тому завжди краще створювати ріг безпосередньо для кожного персонажа, підлаштовуючись під його структуру і подальшу анімацію.

2.3 Кінематичні зв'язки персонажа

Знання в області кінематичних особливостей роботи суглобів скелета людини, дозволяє реалістичніше передавати рухи персонажів. Кінематичні зв'язки в скелеті персонажа потрібні для зручності управління кінцівками персонажа. Для анімації системи кісток використовуються два основні методи: пряма і зворотна кінематики.

Пряма кінематика (Forward Kinematics – FK) – це засіб управління об'єктами, що знаходяться в ієрархічному зв'язку, при якому управління йде від батьківського об'єкту до дочірнього. Таким чином, потрібна поза надається поворотом самого старшого в ієрархічному ланцюжку суглоба. По суті пряма кінематика полягає в обертанні, з його допомогою суглоби обертаються і повертаються на місце. FK є найбільш природним способом маніпулювання, оскільки рух суглобів людини так само заснований на поворотах [11].

Фактично, проста установка ієрархічних зв'язків вже автоматично встановлює пряму кінематику між об'єктами. Зрозуміти, як вона працює можна на прикладі руки, для того, щоб підняти руку вгору, спочатку необхідно підняти плече, потім лікоть і тільки після цього кисть персонажа. Кожне обертання наближає нас до мети, у результаті рука буде піднята вгору. Таким

чином робота йде від батька до дочірнього об'єкту, кожен поворот суглоба впливає на положення усіх його дочірніх вузлів.

Зворотна кінематика (Inverse Kinematics – IK) – це засіб управління об'єктами, що знаходяться в ієрархічному зв'язку, при якому управління трансформацією усіх об'єктів прораховується математичним алгоритмом. У методі інверсивної кінематики рухом управляє складна система приєднаних до кінцевих суглобів ланцюжків IK-маніпуляторів (IK-handlers) [5].

Цей спосіб взаємодії кісток в скелеті персонажа треба задавати самостійно. Кістки і суглоби в методі зворотної кінематики рухаються тільки під дією IK-маніпуляторів. При цьому, то як необхідно повернути суглоби ланцюжка, щоб вони відповідали положенню маніпулятора, визначатиметься алгоритмом. Завданням рігера є застосувати цей алгоритм до вибраних кісток і правильно настроїти для роботи.

Зворотна кінематика заснована на понятті – мета, тобто на тому, куди повинен обернутися суглоб, відповідно досить просто вказати кінцеве положення суглоба при повороті. Анімація з використанням зворотної кінематики починається з самого молодшого члена ієрархії. Саме тому цей метод називається методом зворотної кінематики.

Щоб краще зрозуміти природу зворотної кінематики, досить представити як працює зовнішня дія на людину, наприклад якщо хтось потягне людину за кисть руки, то переміщення кисті змусить інші кістки руки обертатися в плечовому і ліктьовому суглобах, і в області зап'ястка. А той хто тримає людини за кисть виступатиме як IK-маніпулятора.

Зазвичай метод зворотної кінематики використовується для анімації ніг персонажа, а для анімації рук не існує переважного вибору кінематики. Проте, найчастіше для рук застосовується метод прямої кінематики, але на практиці використовуючи тільки її досить складно досягти мети при допомозі тільки обертань, так само ці маніпуляції буде не дуже точні і вимагатимуть велику кількість виправлень і коригувань. Зворотна кінематика робить процес анімації рук набагато простіше. Але в той же час, це збільшує робоче навантаження на

стадії анімації, тому багато хто вважає що немає необхідності у використанні зворотної кінематики для рук.

2.4 Огляд методів тривимірної анімації

Анімація в тривимірній комп'ютерній графіці – це процес зміни властивостей тривимірного об'єкту з часом. За принципом анімації можна виділити декілька видів комп'ютерної анімації.

Найбільш поширеним методом створення анімації є метод анімації по ключових кадрах. Під ключовими кадрами розуміються моменти часу, в яких спостерігаються які-небудь події анімації, що відображують початок деяких перетворень об'єкту.

Наприклад, на рис. 2.2 представлена умовна схема руху об'єкту по криволінійній траєкторії з відображенням ключових і проміжних позицій об'єкту. З кожною подією анімації пов'язаний свій ключ анімації, а тому кадри можна вважати ключовими, якщо в них створені ключі анімації.

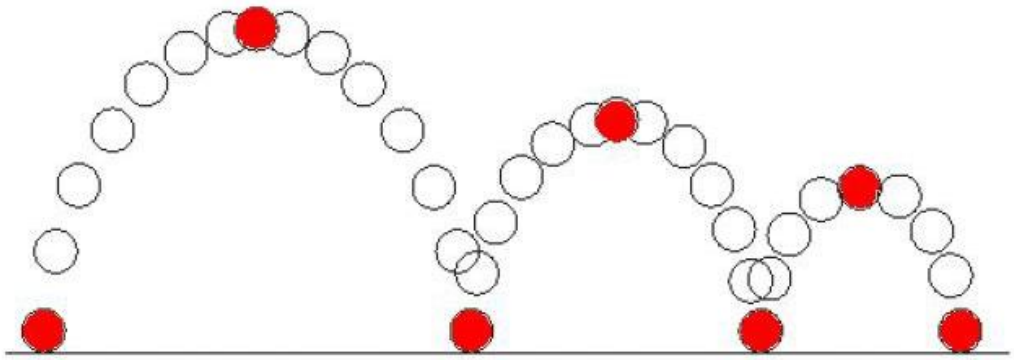

Рисунок 2.2 – Умовна схема переміщення об'єкту
(позиції об'єкту, відповідні ключовим кадрам, виділені кольором)

Ця технологія створення анімації припускає, що необхідно задати положення об'єкту в тому або іншому кадрі, тобто зв'язати з певним моментом часу подію анімації. А потім визначити ці кадри як ключові (keyframes), що приведе до створення для об'єкту ключів анімації, в яких будуть зафіксовані

особливості його відображення в певні моменти часу. Окрім ключових кадрів в анімації будуть присутній проміжні кадри, які формуються програмою автоматично і визначають зміну об'єкту між ключовими позиціями. Розставляння ключових кадрів виробляється аніматором, а проміжні кадри генеруються програмою, в цьому і полягає суть анімації по ключових кадрах.

Цей спосіб анімації ідеально підходить для: анімації трансформацій об'єкту, анімації камер, анімація технічних процесів, а також для анімації персонажів.

Наступний спосіб створення анімації – це захват руху (Motion capture). Це досить молодий спосіб отримання анімації, але що швидко набирає популярність за рахунок реалістичності анімації, яку він дозволяє отримувати. Для отримання анімації цим способом потрібна спеціально обладнана студія з устаткуванням для захоплення руху, актор, з якого захоплюватиметься анімація і спеціальне програмне забезпечення.

Система захоплення руху працює таким чином:

– на актора надіваються спеціальні датчики;

– актор виконує необхідні анімаційні рухи;

– камери навколо актора фіксують переміщення датчиків;

– спеціалізоване програмне забезпечення аналізує рухи датчиків і створює скелет з такою самою анімацією, як і у реального актора і зберігає результат у вигляді низки ключових кадрів.

Далі отриману анімацію можна використовувати в пакетах тривимірної графіки.

Технологія "захвату руху" дозволяє реалізовувати комплексну анімацію персонажів, на створення якої методом кадрування пішло б значно більше часу, а також вона дозволяє отримувати дуже реалістичну анімацію. Але у цієї технології є свої недоліки. В першу чергу, це дуже дорога технологія, і вимагає спеціальної підготовки. Крім того, технології Motion capture все ще далекі від досконалості, тому аніматорам доводиться вручну настроювати параметри

переміщення, вишукуючи неточності або ж додаючи ті рухи, захоплення яких пройшло невдало.

Процедурна анімація – це вид комп'ютерної анімації, який автоматично генерує анімацію в режимі реального часу згідно зі встановленими правилами, законами і обмеженнями. На відміну від зумовленої анімації, коли аніматор вручну визначає кожен кадр і усі параметри створюваної анімації, при процедурній анімації результат може бути в деякій мірі непередбачуваний і при кожному запуску може генерувати різноманітну анімацію.

Процедурна анімація використовується для створення і моделювання системи часток (дим, вогонь, вода), тканини і одягу, динаміки твердих тіл, динаміки волосся і хутра, а також для анімації персонажів.

Часто процедурна анімація використовується в комп'ютерних іграх для простих речей, наприклад таких, як повернення голови персонажа, коли гравець озирається по сторонах. А так само для імітація автономного руху персонажа.

Використання технології блендшейпів. Блендшейпи (від англійського Blend Shapes, форми для змішування) – це 3D-моделі ідентичної топології (тобто однакова кількість вершин і їх нумерація), але з формою, яка відрізняється від іншої [12]. Цей інструмент використовують, коли є необхідність в тому, щоб одна форма плавно "перетікала" в іншу. Блендшейпи зазвичай використовують для створення лицьової анімації.

Наприклад, для анімації голови персонажа, створюється велика кількість її копій і в кожній з них міняється міміка на необхідну. В результаті, в сцені відображується величезна кількість голів персонажа на кожній з яких представлена та або інша емоція. Окрім до міміки зазвичай ще додаються і морфеми (вирази обличчя при вимові звуків і букв).

На підставі практичних досліджень були зроблені висновки, що блендшейпи відмінно справляються з кінцевими позами (виразами обличчя), але для переходу від однієї емоції до іншої вони не дуже підходять. Тому в роботі частіше використовується анімація особи за допомогою кісток, вона нічим принципово не відрізняється від скелетної анімації тіла.

Блендшейпи застосовуються не лише для рігінга особи і його частин, з їх допомогою можна, приміром, анімувати розпускання квітки і анімацію одягу.

Також блендшейпи активно використовуються для створення форм, що коригують. Їх зазвичай використовують в місцях де відбуваються складні деформації і неможливо отримати добрі результати використовуючи тільки методи скінінга. Ваги кістки в одній позі можуть бути ідеальними, але в іншій абсолютно не підходити для цих деформацій. Тому робляться форми, що коригують.

Створюється додаткова форма (Blendshape) об'єкту, яка перетворить вид об'єкту і активується в певній позі. Зазвичай блендшейпи, що коригують, потрібно в таких складних місцях, як плечі і стегна. У сучасній анімації форми, що коригують, використовуються повсюдно.

Для реалістичної передачі наявності м'язової маси у персонажа використовується методи мускульної анімації. Створюється ще одна спрощена геометрія, що імітує м'язи під шкірою. М'язам задається динамічна поведінка, після чого вони можуть колисатися і розгойдуватися при рухах персонажа, імітуючи тим самим рухи м'язової маси у живих істот.

Для створення мускульних систем найчастіше використовуються інструменти вбудовані в пакети для тривимірної графіки, наприклад Maya Muscle компанії Autodesk.

Системи м'язів дозволяють добитися дуже реалістичної анімації, але вимагають великої кількості знань, у тому числі і в анатомії, а також збільшує час роботи над одним персонажем.

3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ПІДГОТОВКИ ПЕРСОНАЖА ДИТИНИ ДО АНІМАЦІЇ

3.1 Характерні особливості образу тривимірного персонажа дитини

Для дослідження характерних особливостей образу тривимірного персонажа дитини були розглянуті персонажі дітей в анімаційних фільмах, і виявлені наступні особливості.

Дизайн персонажа багато в чому залежить від його характеру і ролі у фільмі. Велике значення грають пропорції, вони багато можуть розповісти про персонажа. Різниця між персонажем дорослої людини і персонажем дитини безпосередньо пов'язана з їх анатомічними пропорціями. Створення персонажа дитини в "мультяшному" стилі є недостатнім для передачі характеру персонажа і атмосфери майбутньої роботи. Існує ряд конкретних чинів і заходів, які дозволяють персонажеві виглядати як можна привабливіше і цікаво, і в той же час правдоподібно.

Однією з найважливіших пропорцій в розробці персонажа є пропорції голови і тіла. У тілі середньої дорослої людини зазвичай поміщається 7 його голів, тоді як у немовляти всього три (рис. 3.1). Стилізовані персонажі зазвичай мають дуже велику голову по відношенню до усього тіла, це робиться тому що голова і особа повідомляють багато інформації про настрій і особу персонажа, а велика голова дозволяє робити ці функції більше читабельними для аудиторії. Обличчя це центр усього персонажа, і хороша анімація особи допоможе розповісти аудиторії що з себе представляє персонаж і що він відчуває.

Пропорції в персонажі дитини грають дуже велику і значущу роль. Зазвичай робиться акцент на обличчі дитини, щоб точніше передати емоційну складову дитини, і підвищити його привабливість. На основі розглянутих прикладів було виявлено, що універсальне співвідношення голови до тулуба персонажа дитини 1:1, 5 або 1:2.

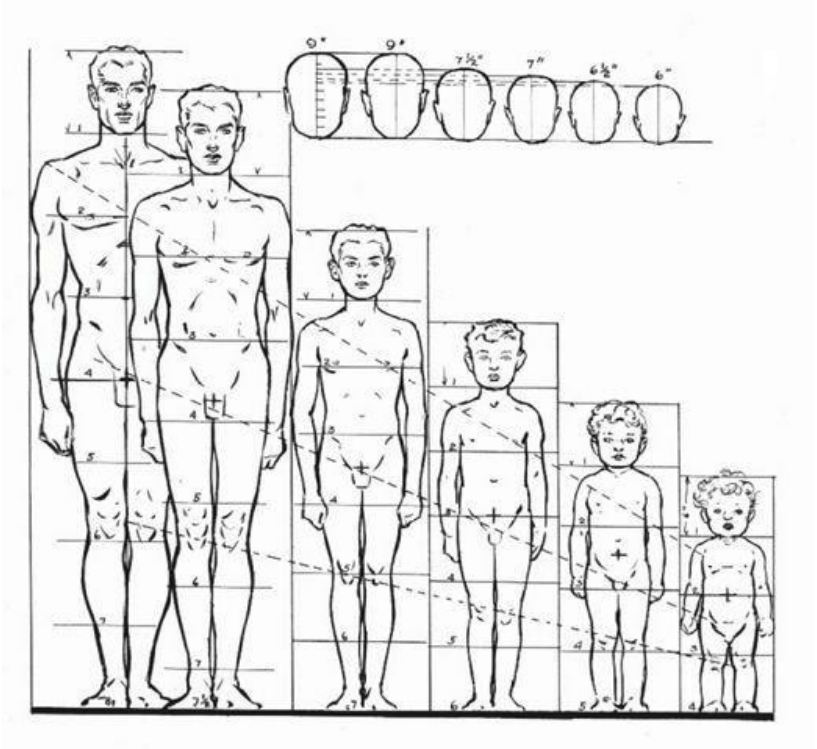

Рисунок 3.1 – Порівняння пропорцій віків людини

Були розглянуті основні прийоми створення персонажа дитини. Для нього характерні кругла голова, маленьке підборіддя, великий лоб, великі вуха і маленький ніс (рис. 3.2).

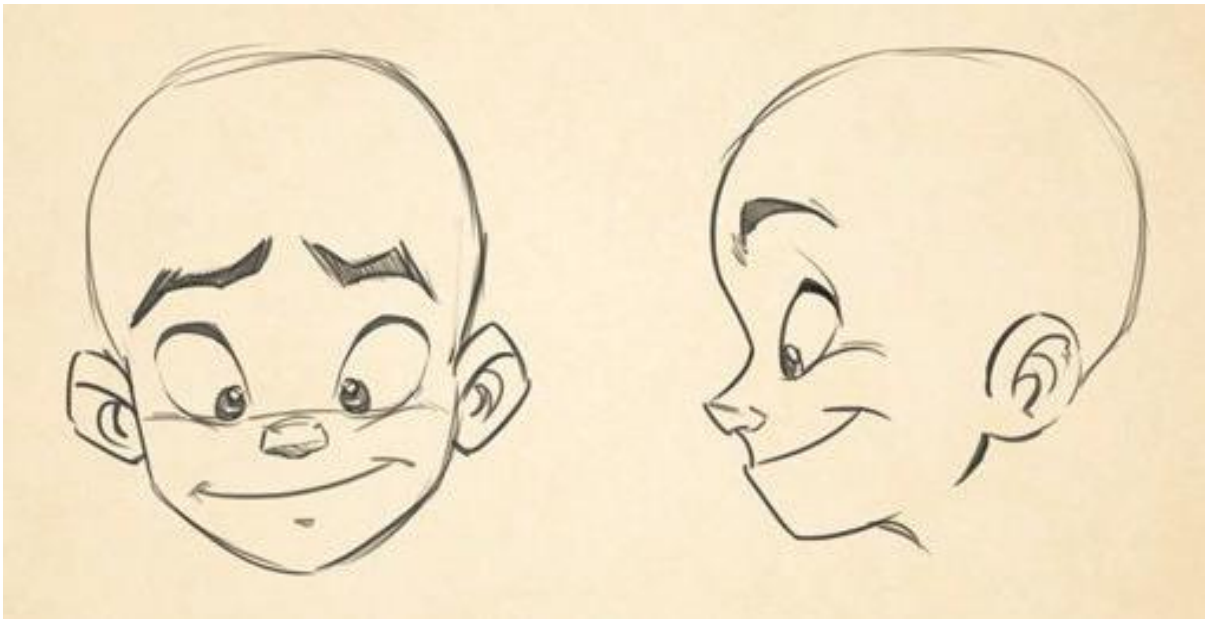

Рисунок 3.2 – Пропорції голови дитини

Відстані між окремими частинами лиця зазвичай відрізняються від правдоподібних, наприклад скорочується відстань між носом і очима персонажа, і збільшується відстань між очима. Очі персонажа грають центральну роль на обличчі, зазвичай вони робляться великими, щоб компенсувати розміри особи, і для привертання уваги і виразності персонажа. Вони зазвичай розташовуються нижче за лінію, використовувану для розташування очей дорослої людини. Ще однією відмітною особливістю дитячого тіла є – велика кількість складок, особливо на місцях згину, які дозволяють зробити персонажа візуально пухкішим [10].

Використання цих прийомів дозволяє максимально правдоподібно передати образ маленької дитини. Адже усі ці прийоми не суперечать реальному образу дитини, і відповідно персонаж буде легко прочитуватися аудиторією. Також необхідно пам'ятати, що персонаж має бути привабливим і милим, щоб максимально зацікавити і залучити аудиторію.

Розглянемо приклади тривимірних персонажів дітей в анімаційних фільмах (рис. 3.3-3.6) В усіх розглянутих прикладах простежуються принципи створення образу дитини, описані вище.

Рисунок 3.3 – Дитина з мультфільму Бос-молокосос

Рисунок 3.4 – Дитина з мультфільму Лелеки

Рисунок 3.5 – Дитина з мультфільму Рапунцель

Рисунок 3.6 – Дитина з мультфільму Головоломка

Резюмуючи вищесказане, мною були виведені правила для створення правдоподібної моделі дитини:

– збереження пропорцій маленької дитини, велика голова;
– великий лоб, маленьке підборіддя;
– великі виразні очі;
– великі вуха і маленький ніс;
– великий живіт, пухкі ручки і ніжки;
– привабливість персонажа.

3.2 Особливості підготовки до анімації тривимірного персонажа дитини

Для створення достовірних рухів живої істоти потрібне ретельне вивчення анатомії, фізіологічної будови і механіки суглобів і м'язів. Як приклад розглядатиме фізіологічні особливості дитини 1-2 років.

Як би не була дитина зовні схожий на дорослу людину за формою будови свого тіла і окремих його органів, він значно відрізняється від нього за багатьма ознаками. Дитина зовсім не являється дорослим в мініатюрі, і чим він менше тим значніше його відмінності від організму дорослого.

Порівнюючи скелет дорослої людини із скелетом дитини можна помітити невелику різницю (рис. 3.7). Дитина має великий відносно тіла череп, коротку шию, великий лоб. Його руки і ноги практично однакового розміру. Він має велику голову і маленьке підборіддя. Ця особливість виникає вследствии відмінностей розміру черепа дитини з черепом дорослої людини. Підборіддя виступає менше ніж у дорослого, тому що у дитини маленькі щелепи. У наслідку фізіологічних особливостей у дітей відзначається велике відношення величини голови по відношенню до розміру щелепи, відповідно спостерігається великий лоб, порівняно з дорослою людиною. Також помітно, що дитина має округліші форми.

Структура кісток дитини наближається до структури кісток дорослої людини тільки до 12 років [11].

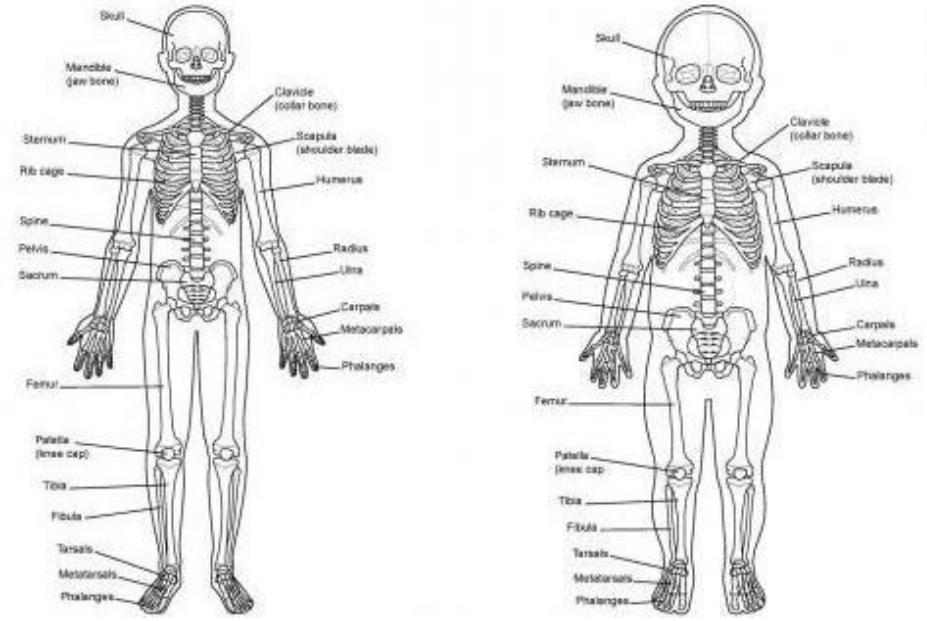

Рисунок 3.7 –Порівняння скелета дорослого і скелета дитини

Також дуже важливо на етапі підготовки персонажа до анімації врахувати, що діти раннього віку дуже активні, вони не можуть довгий час знаходитися без руху, в стані нерухомості.

У новонародженої дитини спостерігаються безладні рухи кінцівок, тулуба і голови. Його рухи розвиваються поступово і вже до кінця першого року дитина вільно стоїть й, як правило, починає ходити. Але в цей період кроки дитини короткі, нерівномірні, положення тіла нестійке. Прагнучи зберегти рівновагу, дитина балансує руками, широко ставить ноги, перевалюється з одного боку в інший, часто падає. Ходьба дитини ще недостатньо координована: йому важко пройти по прямій, а ямки, горбки на вулиці, камінчики, трава – усе це для нього складні перешкоди. Він натрапляє на предмети, стикається з іншими людьми, не готується заздалегідь до подолання перешкод, щоб, наприклад, переступити поріг або переступити через ямку. Хороша координація рухів під час ходьби встановлюється після 1,5-2 років [11].

Що стосується гнучкості, діти спочатку гнучкіші, ніж дорослі. Ця особливість дитячого організму пов'язана з високою розтяжністю м'язових волокон і хорошою рухливістю суглобів. І доки опорно-связочный апарат ще не сформований, дитина може без зусиль виконувати деякі дії, які складно або

навіть неможливо виконати дорослій людині. Наприклад дістати пальчиками ноги до особи.

Діти дуже емоційні за своєю суттю, і у них досить швидко відбуваються зміни настрою. Відповідно необхідно реалістична передача емоцій, а також здійснення плавних переходів з емоції в емоцію.

При створенні персонажа дитини, а також при створенні скелета, необхідно враховувати усі вищеперелічені особливості. Резюмуючи сказане, мною були виведені правила для створення рігу для персонажа дитини:

– скелет персонажа повинен грунтуватися на відображенні реального скелеті дитини, з дотриманням усіх пропорцій;

– відтворення рухів характерних дитині;

– відтворення дитячих емоцій і плавні переходи між ними;

– плавне згинання тулубу;

– плавні рухи тазом;

– загальна гнучкість персонажа.

Грунтуючись на цих правилах було розроблено методику підготовки тривимірного персонажа дитини до анімації .

3.3 Алгоритм підготовки до анімації тривимірного персонажа дитини

Підготовку до анімації персонажа можна розділити на наступні етапи (рис. 3.8).

Персонаж необхідно моделювати в нейтральній Т-позі, це значно спрощує оснащення і скінинг персонажа. Дуже важливо щоб меш персонажа відповідав правилам правильної топології, тоді під час риггинга і скінинга, а також наступній анімації не виникне проблем з появою небажаних деформацій.

Перш ніж приступити до оснащення персонажа необхідно розробити скелет персонажа дитини. Як було сказано вище, ріг персонажа дитини повинен відповідати скелету реальної дитини і дозволяти реалістично виконувати усі характерні дитині руху.

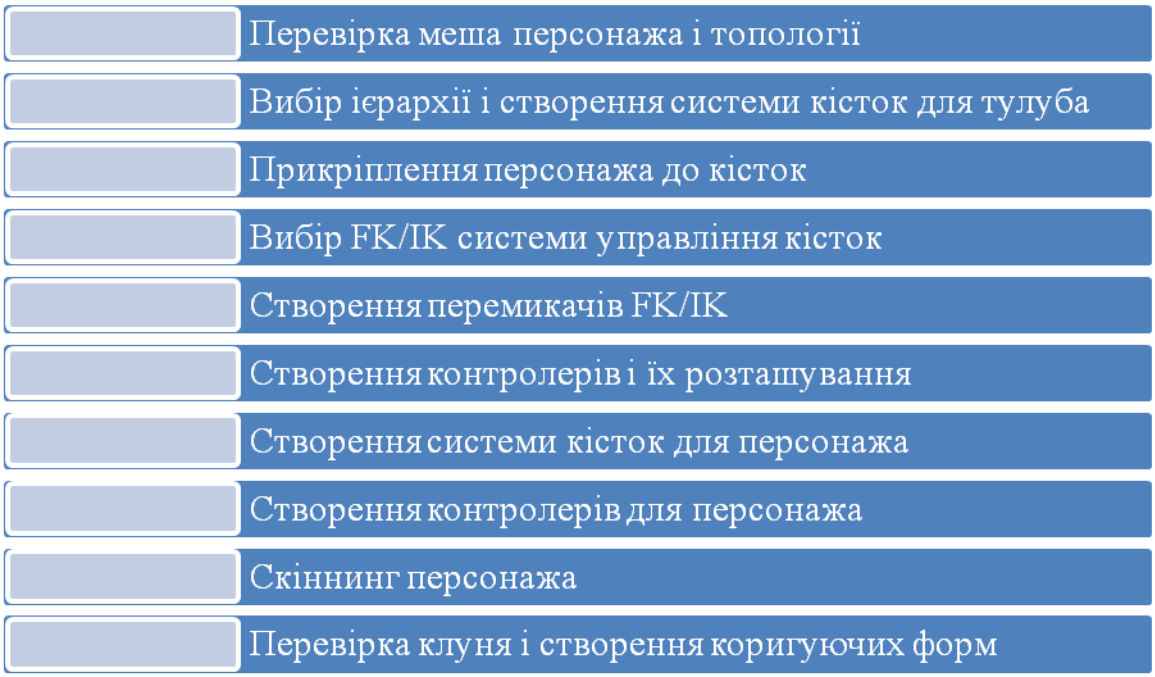

Рисунок 3.8 – Загальний алгоритм створення моделі персонажа

Як кореневий суглоб зазвичай вибирають стегна або таз. Таз близько розташований до центру тяжіння людського тіла і допомагає розподіляти вагу усього тіла. Таз підтримує хребет і усю верхню частина тіла, і майже усі рухи персонажів починаються з руху тазу або зачіпають його. Для персонажа дитини вибір тазу як кореневого суглоба також є прийнятним.

Після створення кореневого суглоба необхідно створити скелет повністю. Важливо створити правильну ієрархію і дати суглобам зрозумілі назви, що полегшить подальшу роботу із скелетом. Рекомендується використовувати зрозумілі префікси в назвах елементів, наприклад префікси l_ і r_ для позначення лівої і правої частини.

Для спрощення створення скелета можна отзеркалить симетричні суглоби за допомогою Mirror Joints і легко перейменувати їх, наприклад змінити в назві лівий суглоб на правий (рис. 3.9) [7]. Цю функцію зручно використовувати для рук і ніг, а також для створення лицьового риггинга.

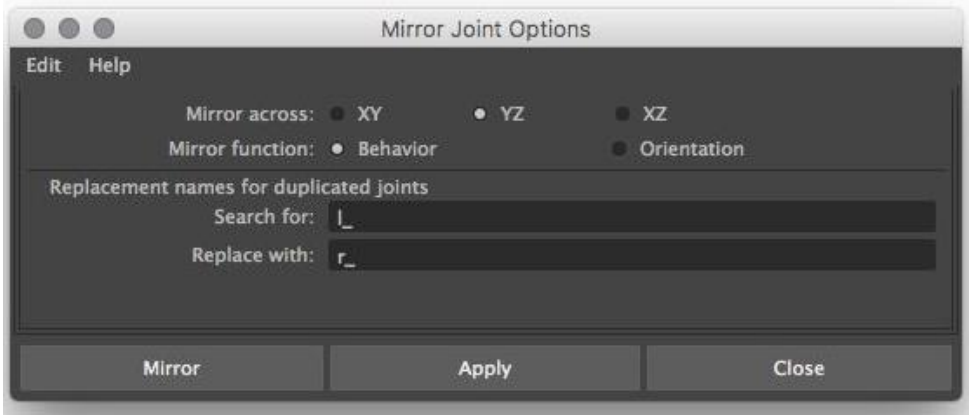

Рисунок 3.9 –Mirror Joints

Після створення скелета необхідно прикріпити його до моделі і розподілити ваги. Розподіл вагів потрібний для того, щоб при згинанні оболонка моделі згиналася правильно.

Після того, як скінинг закінчений приступають до створення контролерів. Перш ніж почати їх створення необхідно вирішити які системи інверсної кінематики знадобляться для персонажа дитини. Оскільки діти дуже гнучкі, то для спини доцільно використовувати IK Spline Handle, він дозволяє управляти ланцюжком суглобів за допомогою кривої, і з його допомогою можна досить реалістично передати згинання спини персонажа. У випадку з персонажем дитини, ці рухи будуть дуже актуальні і додадуть жвавості в рухи дитини.

Управління руками прийнято робити використовуючи пряму кінематику. Але останнім часом все частіше зустрічаються комбіновані рішення, адже за допомогою FK не завжди можна добитися поставленої мети. Особливо це актуально для персонажа дитини, із-за його поганої координації рухів, і наявністю невеликої хаотичності в рухах під час ходьби або бігу. Тому для рук тривимірного персонажа дитини необхідно зробити дві системи управління : пряму і зворотну. А так само для зручності використання різними системи потрібне створення перемикача між ними.

Що стосується управління ногами, їх управління зазвичай здійснюється з використанням тільки інверсної кінематики. Пряма кінематика для ніг зазвичай використовується, у разі коли від персонажа потрібно якісь особливі рухи,

наприклад висіння на перекладині з характерним похитуванням ніг, чого простіше добитися використовуючи FK. При необхідності ноги персонажів так само створюються з двома системами управління IK/FK, але оскільки їх створення досить трудомістко і для персонажа дитини в цьому немає необхідності, то було вирішено зупинитися тільки на створенні IK ніг.

Тепер можна приступати до створення контролерів, для зручності рекомендується використовувати префікс "ctrl_" в назві контролерів. Контролери потрібні для зручності управлінням персонажа, щоб аніматорові не доводилося переміщати самі суглоби.

Налаштування контролерів полягає в створенні зв'язків між вузлами різних об'єктів. Це дозволяє отримати анімацію одного об'єкту на основі анімації іншого. Цього можна добитися за допомогою обмежень (constraints) і керованих ключів (driven key). Обмеження створюють прямий зв'язок між різними атрибутами об'єкту-джерела і об'єкту-мішені. А керовані ключі встановлюють зв'язки між об'єктами сцени, що дозволяють створити управління різними частинами персонажа. Керовані ключі мають більше просунутий функціонал і використовуються в складніших випадках, з якими не можуть впорається обмеження, наприклад вони можуть зв'язувати об'єкти не лише по однакових атрибутах, а також дозволяють сполучати зв'язком власноручно створені атрибути [7, 12].

За допомогою цих двох функцій здійснюється зв'язування суглобів і контролерів. Також на переміщення контролерів можна ставити обмеження, наприклад обмежити поворот коліна, щоб коліно згиналося тільки під одним кутом на кут не більше 90°.

Після того, як усі контролери для тулуба створені, можна приступати до лицьового риггинг. Оскільки діти дуже емоційні, лицьовий риггинг персонажа дитини краще здійснювати за допомогою кісткової анімації, а не блендшейпов. Мінус блендшейпов в тому, що вони менш настроюються і в них вже не внести корективи після налаштування, наприклад аніматор не зможе зробити посмішку сильніше, ніж її зробив риггер.

Риггинг особи за допомогою кісток дуже трудомісткий процес, але він виправдовується згаяний на нього час. Усі великі анімаційні студії вже давно перейшли на лицьовій риггинг. Він дозволяє робити моделі живішими і здійснювати плавний перехід між емоціями, на відміну від технології блендшейпів.

Спочатку по черзі створюються суглоби для особи, потім контролери до них, далі новий суглоби додаються в скин з нульовими вагами, для наступної развесовки. Скінинг особи дуже складний, і треба враховувати це при моделюванні, створювати правильну щільну сітку, з напрямами ліні уздовж основних м'язів особи.

Робота з суглобами ведеться послідовно, спочатку щелепа, потім рот, очі, повіки, брови, ніс і щоки, ця послідовність дозволяє полегшити развесовку [10]. У лицьовому риггинге важливо враховувати що усі елементи будуть між собою пов'язані, наприклад при піднятті і опусканні брови за нею рухається так само і повіка, ці дрібниці дозволяють отримати живішу, цікавішу і правдоподібнішу анімацію.

Після того, як ріг закінчений необхідно його перевірити, для цього створюються перевірочні анімації для кожного контролера.

Відмітними особливостями дітей є їх пухкі щоки, руки і ноги і великий живіт. Ці особливості спричиняють за собою складнощі в риггинге персонажа дитини. При згинанні деяких суглобів деформації моделі відбуваються неправильно, щоб їх виправити потрібне додавання форм, що коригують, в проблемних місцях. Найчастіше труднощі виникають в області рук і стегон. Для дитини обов'язково потрібне створення форм, що коригують, в області з'єднання ніг і живота. Вони створюються за допомогою застосування технології блендшейпов, і підключаються в певному положенні ноги. Також для дитини буде потрібно форми, що коригують, в районі плеча, для коректного підняття руки вгору і згинання.

Резюмуючи вищесказане можна скласти алгоритм підготовки персонажа дитини до анімації (рис. 3.10).

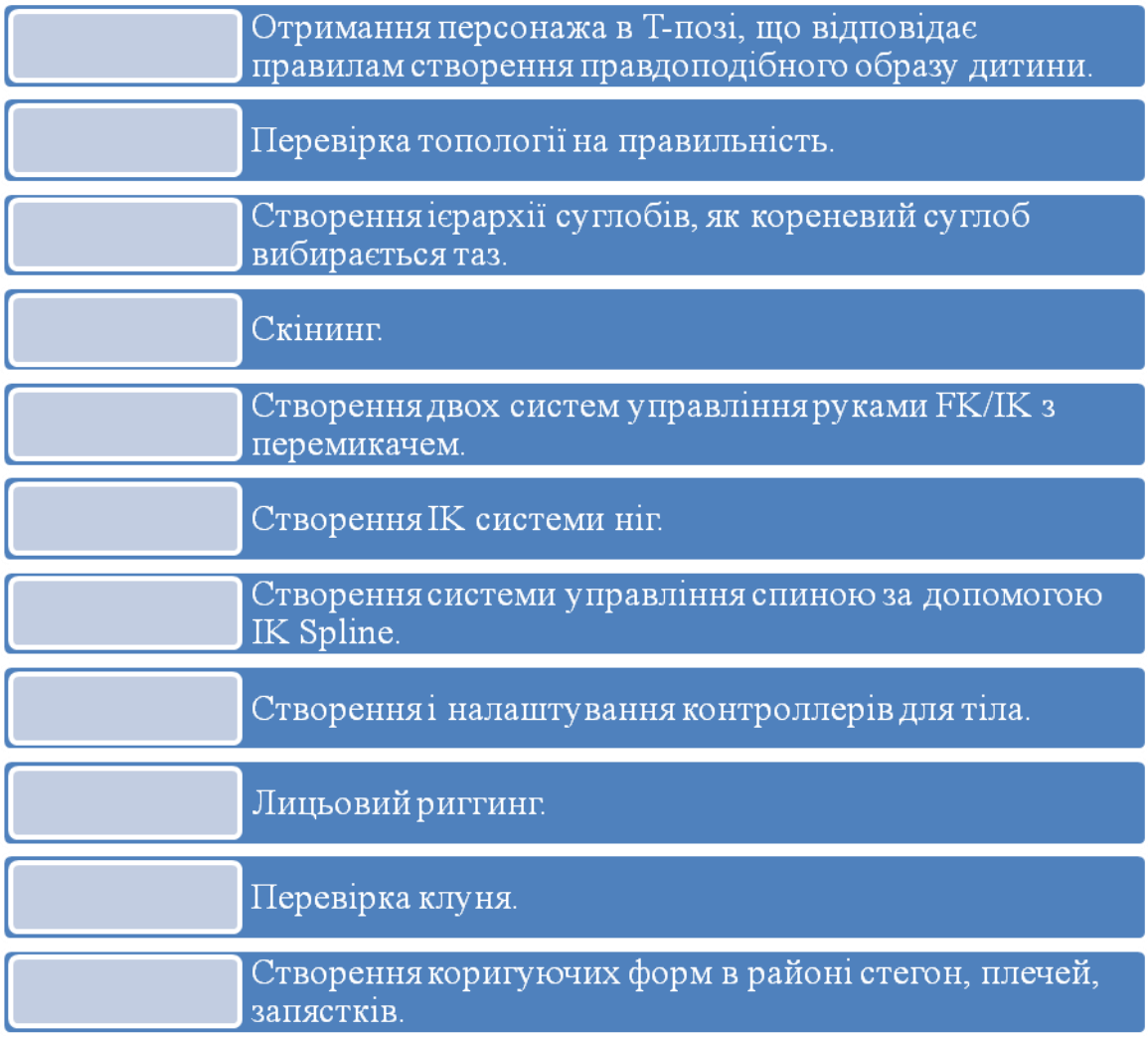

Рисунок 3.10 – Уточнений алгоритм створення моделі персонажа

4 АПРОБАЦІЯ МЕТОДИКИ. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

4.1 Опис процесу створення персонажа

У попередньому розділі був описаний алгоритм роботи над підготовкою персонжа дитини до анімації з урахуванням фізіологічних особливостей і особливостей його образу.

Далі наведений детальніший опис дій, необхідних для отримання бажаних результатів.

Як основна програма для роботи над персонажем, мною була вибрана програма Maya компанії Autodesk. Це професійний пакет тривимірної графіки, який нині широко застосовується в кінематографі і телебаченні.

Для створення моделі, було вирішено використовувати полігональне моделювання, щоб уникнути наступною ретопологии. Тому треба було відразу враховувати необхідність створення правильної топології, ще на етапі моделювання. Раніше були описані основні принципи створення правильної полігональної сітки, які необхідно враховувати при створенні моделі.

Модель персонажа не дуже складна, так що створення правильної топології не склало великих труднощів. Важливо було звернути особливу увагу на місця згинів і ущільнити в цих місцях сітку. Для особи також потрібна ущільнена сітка з правильним розташуванням ліній уздовж основних лицьових м'язів, це значно спростило наступний риггинг і анімацію.

Після того, як модель створена і топологія перевірена (рис. 4.1) можна приступати до риггингу. Почнемо із створення корінного суглоба розмістимо його в районі тазу, з нього піде подальша побудова суглобів спини і ніг. Руки і ноги отзеркалим за допомогою Mirror Joints.

У результаті вийшов такий скелет (рис. 4.2).

Далі починаємо роботу над скінінгом персонажа, приділяючи особливу увагу місцям згинів. Проблемні місця вирішуватимуться за допомогою форм, що коригують, після налаштування контролерів.

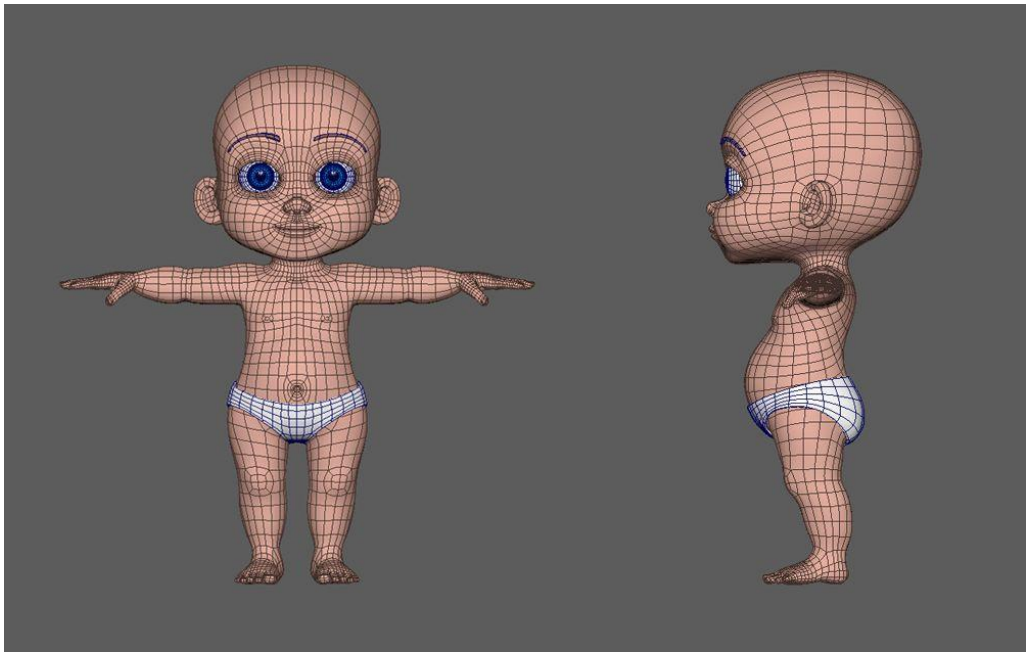

Рисунок 4.1 – Готова топологія

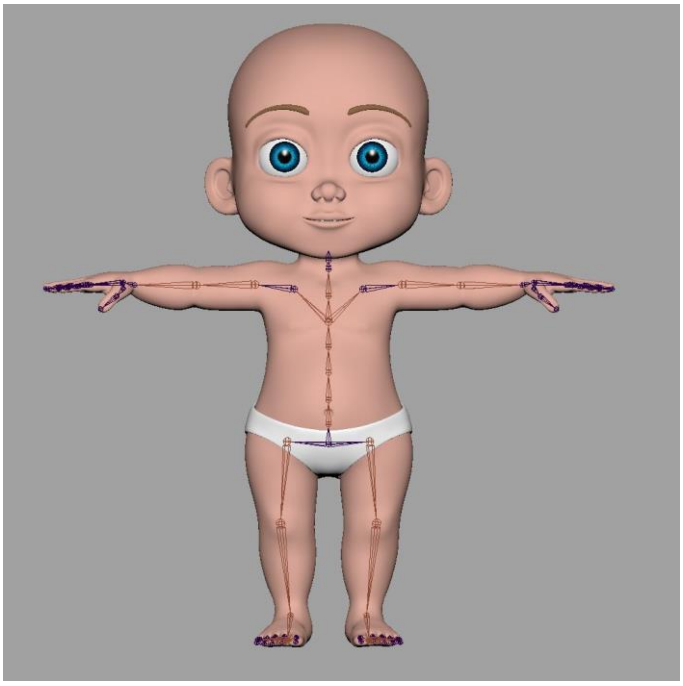

Рисунок 4.2 – Скелет персонажа

Наслідуючи вищеописаний алгоритм для персонажа дитини потрібне створення трьох систем управління інверсною кінематикою. IK Spline для спини, IK для управління ногами, а також створення двох систем управління IK/FK для рук з перемикачем.

Для того, щоб створити FK/IK руку необхідно додати ще 2 пари суглобів руки від плеча до зап'ястка. Перша система відповідатиме за згинання руки і вона вже прискиннина до моделі. Друга відповідатиме за пряму кінематику, а третя за зворотну. Назвемо їх відповідно (рис. 4.3).

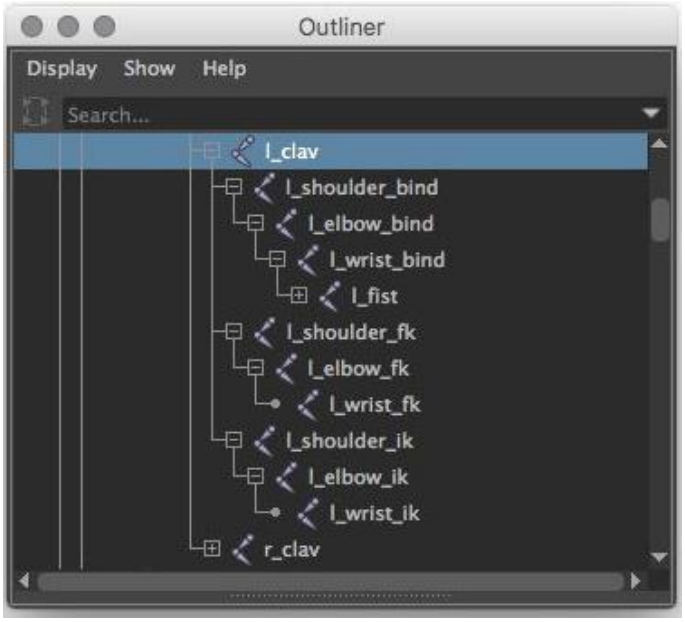

Рисунок 4.3 – Ієрархія суглобів для IK/FK руки

Для кожної руки створимо свої контролери, на руці з інверсною кінематикою настроїмо IK Handle. Для зручного перемикання між IK/FK системою необхідно зробити перемикач, щоб вони не заважали працювати один одному, і приховати відповідні неактивні контролери, для полегшення роботи аніматора (рис. 4.4). Це усе реалізується за допомогою Set Driven Key [7].

Коли усі інверсні кінематики налагоджені приступимо до створення інших контролерів. Зв'яжемо їх з суглобами скелета за допомогою Constraint і Driven Key, в основі цих команд лежить програмування скриптовою мовою.

Для спрощення автоматизації контролерів можна використовувати готові скрипти або написати скрипти власноруч. Також за допомогою скриптів можна полегшити створення дій які повторюються неодноразово і виконуються кожного разу однаково. В майбутньому я планую створити пакет готових скриптів для налаштування рігу для персонажа дитини.

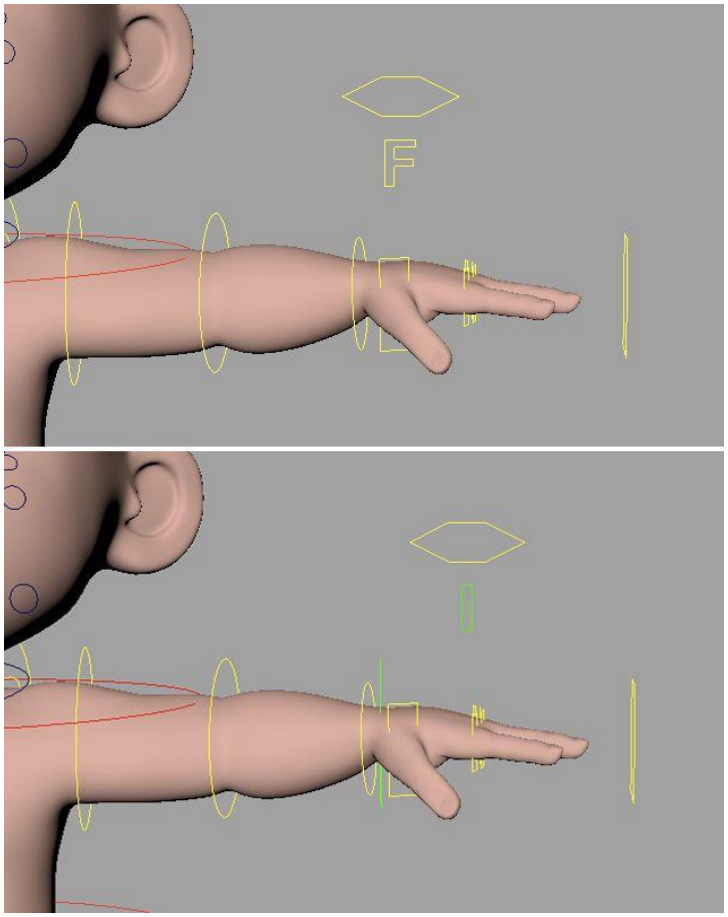

Рисунок 4.4 – Контролери системи управління руками

Приділимо особливу увагу налаштуванню кисті персонажа. Жестикуляція відмінно допомагає в передачі яскравих емоцій персонажа, а також для додавання цікавих деталей в анімацію. Додамо можливість управління пальцями персонажа. Розташуємо контролери долоні таким чином (рис. 4.5).

Додамо наступні рухи для управління пальцями: стискання кулака, підняття пальців вгору, розчепірення пальців в сторони і стискування пальців (рис. 4.6). Настроїмо загальний контролер що відповідає за усі пальці, і окремі, для кожного пальця.

Після того, як налаштування контролерів для тіла закінчене, вони виглядають таким чином (рис. 4.7).

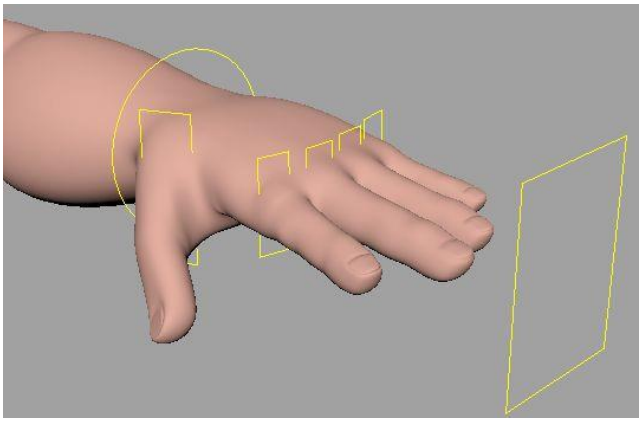

Рисунок 4.5 – Контролери управліннями пальцями

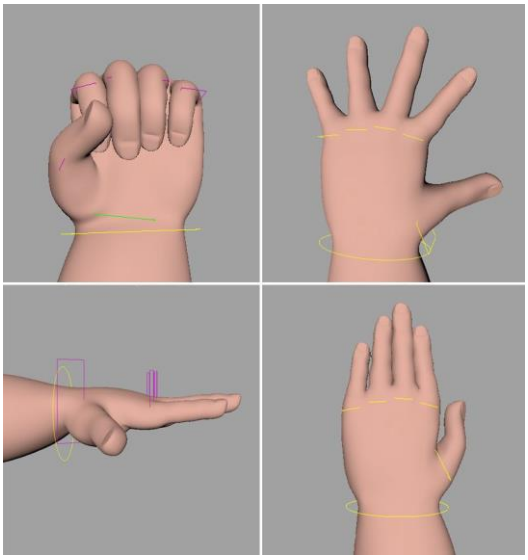

Рисунок 4.6 – Управління пальцями руки

Рисунок 4.7 – Розташування контролерів

Тепер почнемо роботу над лицьовим ригом. Створюватимемо суглоби відповідно до послідовності описаної в алгоритмі. У результаті, суглоби лицьового рігу виглядатимуть таким чином (рис. 4.8), а контролери як на рис. 4.9.

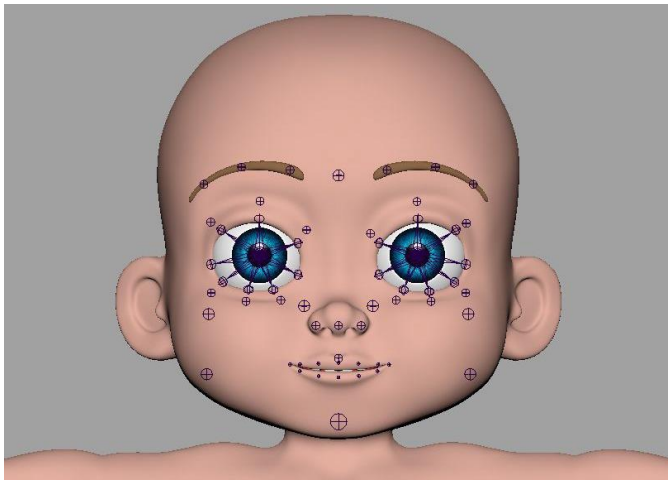

Рисунок 4.8 – Розташування суглобів лицьового рігу

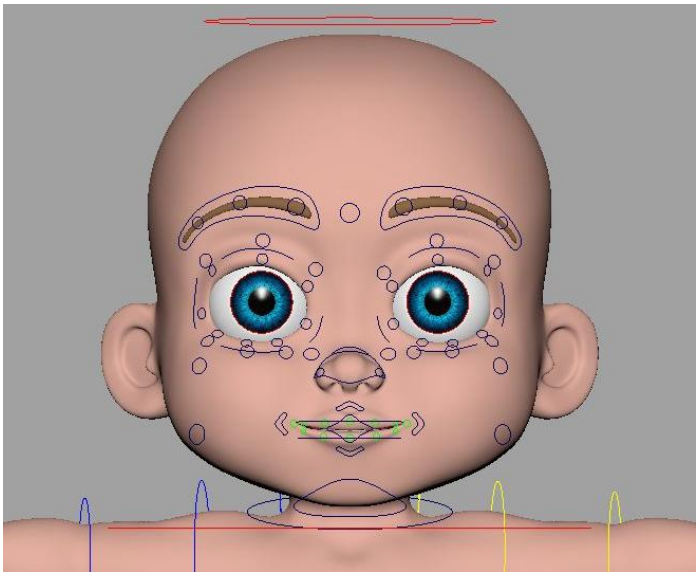

Рисунок 4.9 –Розташування контролерів лиця

Для управління очима створюються додаткові контролери, що відповідають за напрям очей, а також з їх допомогою можна здійснювати стеження очей (рис. 4.10). Можна управляти як одним, так і двома очима одночасно.

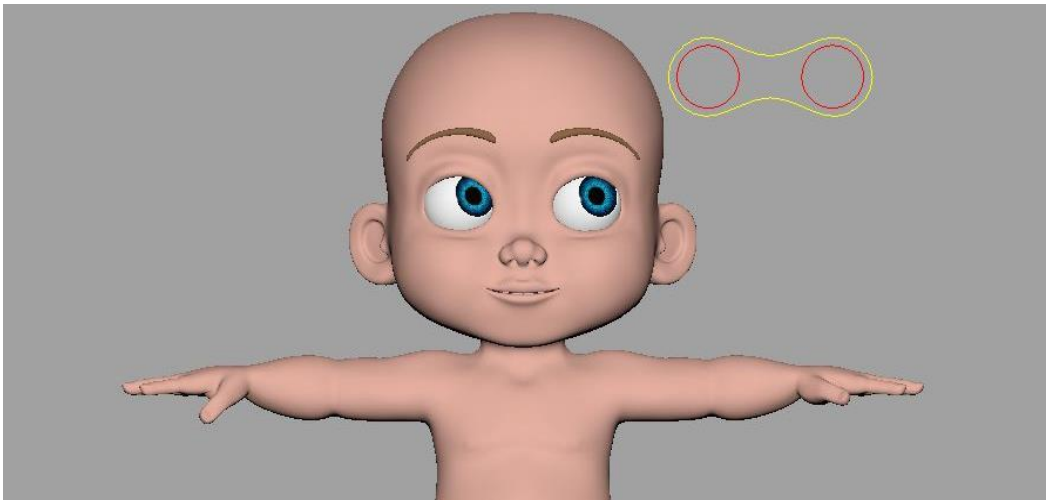

Рисунок 4.10 – Контролери для управління напрямом очей

Для здійснення стеження очей, до загального контролера додається додатковий атрибут Lock і настроюється за допомогою Driven Keys таким чином. Коли його значення дорівнює "0" очей стежать за контролером при поворотах голови або русі тіла, коли значення атрибуту Lock дорівнює "1", очі перестають стежити за контролером і рухаються разом з головою.

Також очам персонажа дитини необхідно додати можливість збільшення зіниць. Для цього потрібне використання форм, що коригують, і створення додаткових параметрів. Збільшення зіниць можна подивитися на рис. 4.11.

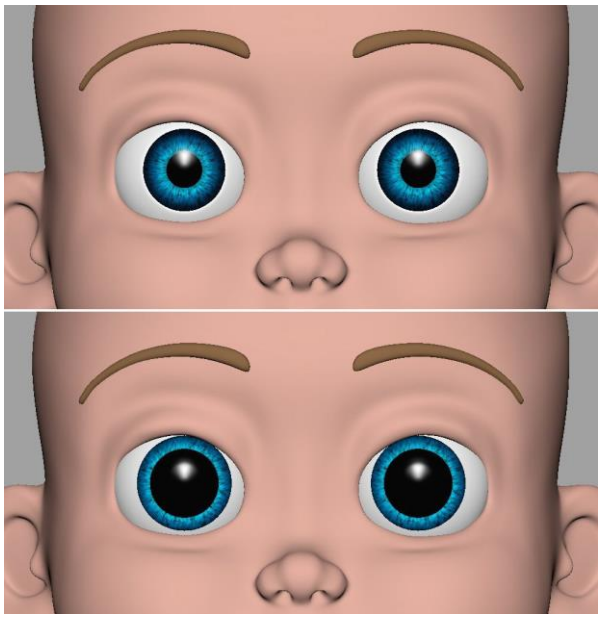

Рисунок 4.1 – Збільшення зіниць

Для риггинга очей найважливішим є рух повік, для закриття і розплющення очей (рис. 4.12). Також за допомогою контролерів повік здійснюється підморгування.

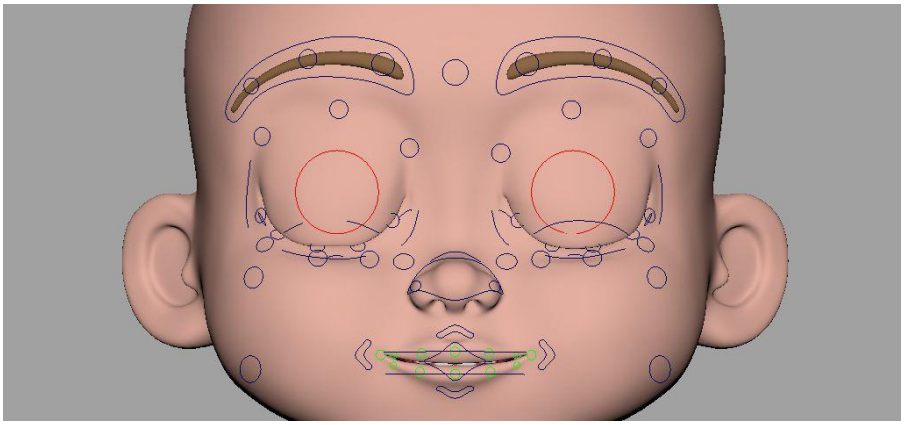

Рисунок 4.12 – Закриття очей

Для хорошого рігу рота потрібне створення щелеп і мови. У дітей мало зубів, тому можна не моделювати їх усе, я обмежила створенням шести зубів. Для щелеп і мови теж потрібне створення контролерів (рис. 4.13).

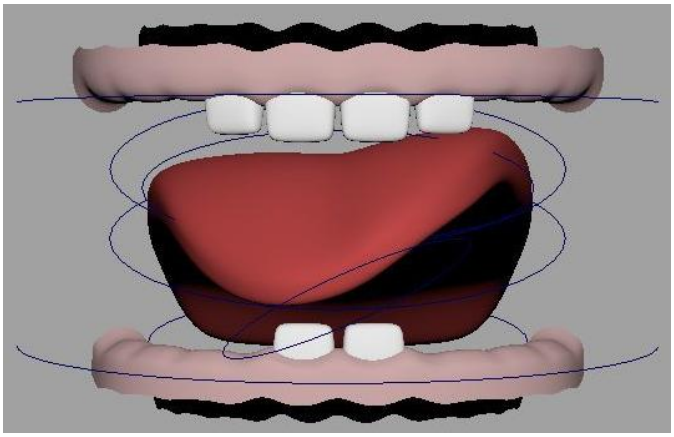

Рисунок 4.2 – Контролери мови і зубів

Після того, як налаштування контролерів і скінинг особи закінчені необхідно перевірити увесь ріг на правильність деформацій. Як було сказано вище в алгоритмі, для дитини потрібне створення форм, що коригують, в районі плечей і стегон.

Для створення і швидкої роботи з формами, що коригують, я використовувала плагин SHAPES. Розглянемо форми, що коригують, для області стегон (рис. 4.14-4.15).

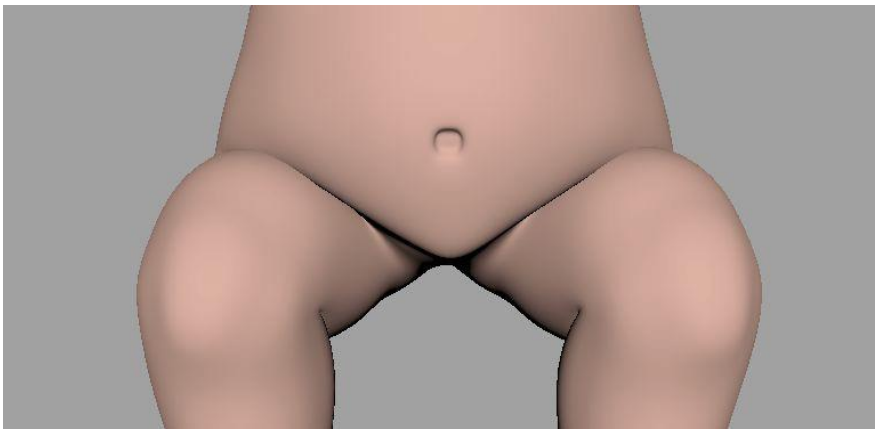

Рисунок 4.143 – Область стегон до застосування коригуючих форм

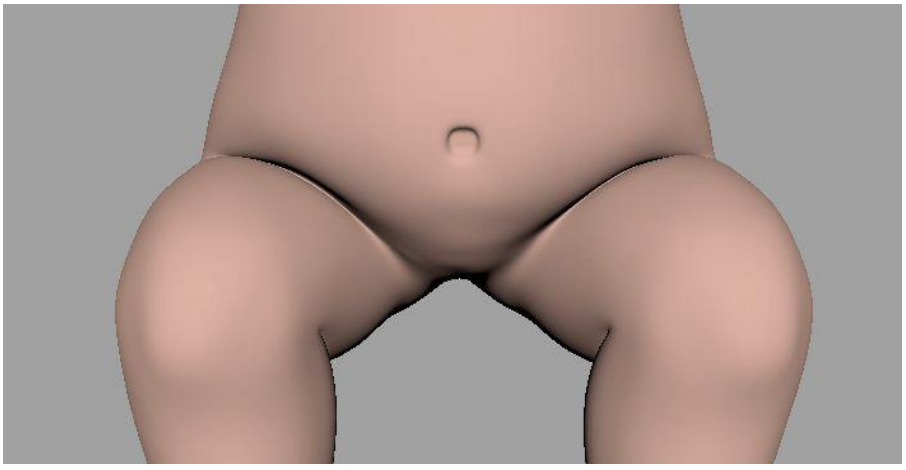

Рисунок 4.15 –Область стегон після застосування коригуючих форм

Після того, як робота з ригом повністю закінчена потрібне створення текстур для персонажа. Для їх створення необхідно зробити розгортку. Для створення розгортки я використовувала програму UV Layout.Ця програма має вузьке призначення, вона використовується тільки для створення UV - разверток тривимірних об'єктів, тому дуже легка і проста у використанні. UV Layout можна використовувати як плагина в програмі Autodesk Maya, що ще більше спрощує роботу з нею.

Після створення розгортки персонажа (рис. 4.16) можна приступати до її розфарбовування. Для створення текстур я використовувала програму Substance Painter. Ця програма дозволяє малювати текстури відразу на тривимірній моделі. У ній міститися готові матеріали, один з яких я використовувала для текстури шкіри персонажа.

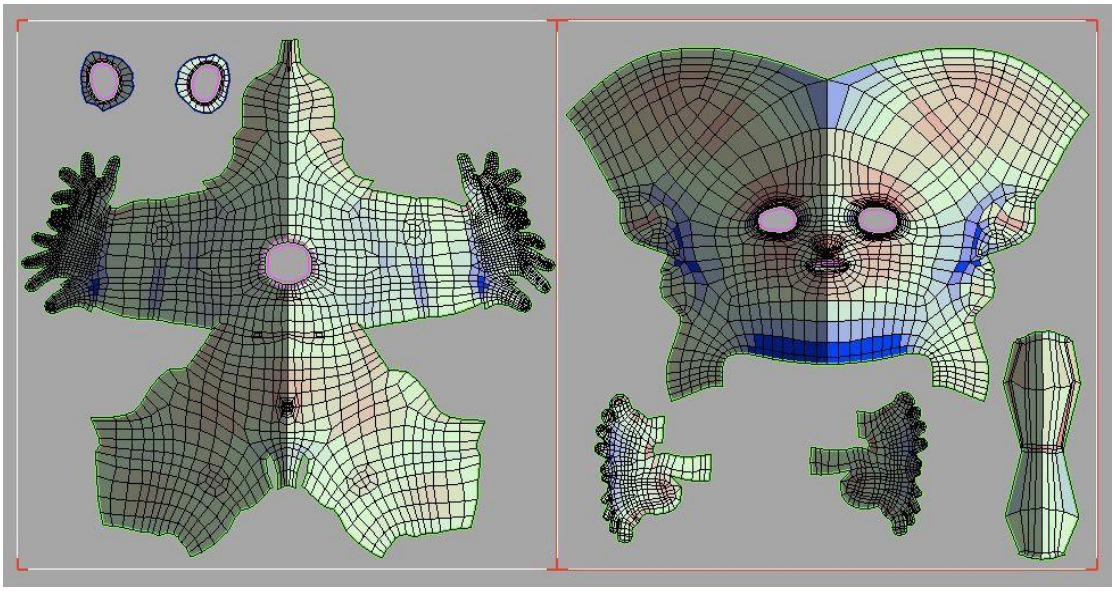

Рисунок 4.16 – UV-розгортка персонажа

4.2 Аналіз результатів

В результаті застосування запропонованого в цій роботі методу, був створений і підготовлений до анімації власний тривимірний персонаж дитини. Скелет персонажа створений ґрунтуючись на реальним пропорціях дитячого тіла. Як перевірка працездатності методики, необхідно оцінити можливості створеною створеного рігу. Ріг дозволяє персонажеві дитини здійснювати рухи характерні дітям у віці 1-2 року (рис. 4.17), а також йому можна надавати абсолютно різні пози (рис. 4.18).

Створена дуже гнучка система лицьового рігу, яка дозволяє відтворювати правдоподібні дитячі емоції (рис. 4.19).

Створений персонаж дитини готовий для створення анімації і використання в анімаційних фільмах або рекламі.

Рисунок 4.17 – Можливі пози готового персонажа

Рисунок 4.18 – Можливі пози готового персонажа

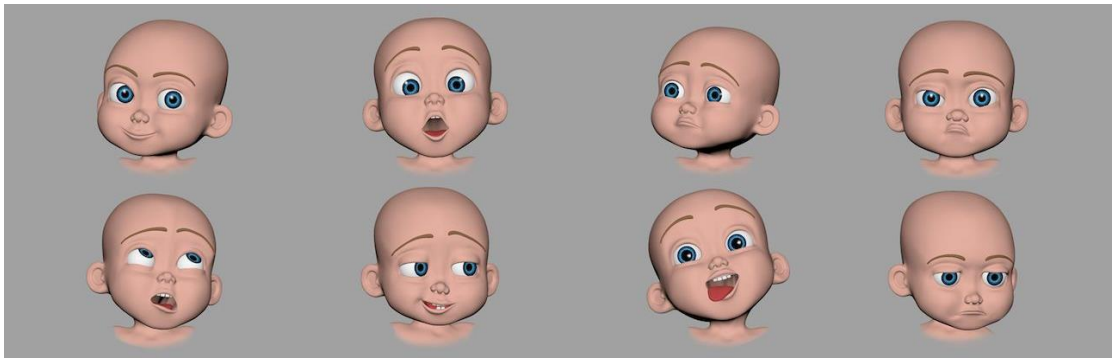

Рисунок 4.19 – Відтворення емоцій персонажем дитини

4.3 Якісна оцінка розробленої методики

Для перевірки якості розробленої методики відповідно до визначених етапів була створена тривимірна модель персонажа-дитини. Оцінка якості

проводилась шляхом порівняння створеної моделі з еталонними моделями. Для роботи були визначені ряд критеріїв порівняння, а саме:

– текстурування, тобто якість створеної поверхні (скінінг): текстура, колір, відсутність дефектів;

– рігінг, тобто відтворення скелетної основи: зручність кінематики (прямої чи інверсної), відповідність модельованому об'єкту;

– анімація, тобто використання моделі в сценах руху: зручність стандартної анімації по ключовим кадрам, зручність анімації між ключами;

– експорт в вихідний продукт: зручність додавання моделі до загального продукту після редагування моделі, взаємодія моделі з об'єктами сцени.

Для безпосереднього опрацювання був застосований метод попарного порівняння шляхом опитування користувачів-експертів, зі статистичним узагальненням отриманих результатів (табл. 4.1 та на рис. 4.20).

Таблиця 4.1 – Зведені дані

оцінювання якості 3D моделі	Розроблена модель	Модель з "Міста героїв"	Модель з мультфильма	Ваговий коефіцієнт
Загальна оцінка	47%	21%	32%	
текстурування	35%	23%	42%	28%
рігінг	46%	17%	36%	21%
анімація	50%	25%	25%	37%
експорт	65%	12%	23%	14%

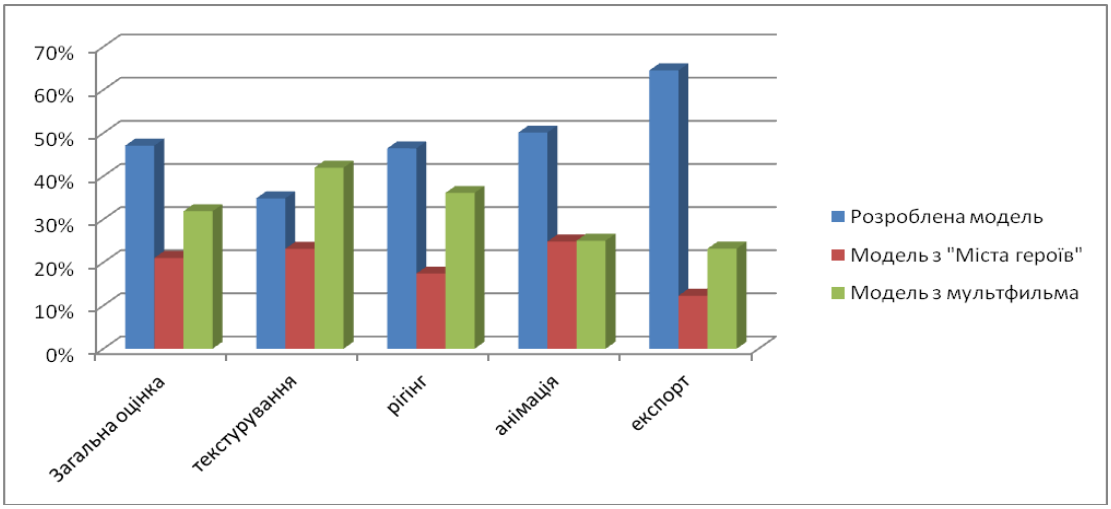

Рисунок 4.4 – Відтворення емоцій персонажем дитини

4.4 Висновки за розділом

Були визначені характерні риси, яких слід дотримуватись для створення правдоподібної моделі дитини (п. 3.1).

Був узагальнений алгоритм створення моделі персонажу, з урахуванням рекомендованих пропорцій між елементами моделі (п. 3.3), та виявлені специфічні операції, яких необхідно дотримуватись.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Характеристика науково-дослідної роботи

В економічній частині кваліфікаційної роботи обґрунтовано економічну доцільність формування методичного підходу щодо підготовки тривимірної моделі до анімації, а також умов застосування запропонованої методики. В роботі досліджується поетапний процес створення тривимірної моделі дитини з урахуванням особливостей персонажа, а також наведено оцінювання отриманих даних.

Реалізація запропонованої методики дозволяє:

– скоротити час на підготовку тривимірної моделі за рахунок шаблонування типових операцій;

– врахувати особливості руху та пропорцій персонажа.

На підставі проведеного аналізу результатів така методика дозволяє поліпшити робочий процес без суттєвих втрат якості моделі.

Метою даного розділу є економічне обґрунтування витрат на проведення науково-дослідної роботи для дослідження та розробки методики підготовки тривимірної моделі дитини для подальшої анімації. Буде проведено розрахунок трудовитрат та заробітної плати працівникам, одноразових витрат, прибутку, оцінка економічної ефективності НДР.

Реалізація НДР передбачає такі етапи:

– аналіз літературних та мережевих джерел, формулювання основних вимог до технологічного процесу створення тривимірної моделі для подальшої анімації;

– аналіз існуючих технологій створення персонажів, визначення особливостей моделювання персонажів дитини, короткий огляд критеріїв оцінювання дизайну моделі;

– розробка тривимірної моделі персонажа дитини відповідно до етапів розробленої методики;

– обробка та аналіз результатів дослідження.

5.2 Етапи виконання НДР, їх трудомісткість та заробітна плата

У процесі виконання науково-дослідної роботи був проведений огляд існуючих методів для розробки та оцінки полігональних тривимірних моделей персонажів для подальшої анімації, на основі аналізу спеціальної літератури розглянуті принципи, на яких будується оптимізація зовнішнього вигляду моделі, та принцип формування критеріїв для їх оцінки. Після чого проведено експеримент, методами анкетування експертної групи та попарного порівняння виконане чисельне оцінювання якості розробленої моделі. На основі отриманих даних методика розробки тривимірної моделі оцінена позитивно.

Умовно науково-дослідну роботу (НДР) можна розділити на такі етапи: підготовчий, основний і заключний.

На стадії виконання підготовчого етапу здійснено порівняльне оцінювання методик створення тривимірної моделі та особливості зовнішнього обліку та руху дитячого персонажу на основі спеціальної літератури. Проведено пошук інформації в Internet.

На етапі виконання основної частини НДР були виконані такі роботи:

- огляд існуючих аналогічних методів оцінки якості інтерфейсів систем;
- проведення експерименту;
- обробка та аналіз результатів експерименту;
- розробка методики.

У заключній частині здійснюється оцінка ефективності виконання НДР, складання звіту по НДР, захист звіту.

Найбільш складною й відповідальною частиною під час планування НДР є розрахунок трудомісткості робіт, тому що трудові витрати часто становлять основну частину вартості науково-дослідних робіт і безпосередньо впливають на строки розробки.

Для проведення аналізу якості створеної моделі шляхом порівняння її з моделями конкурентів на підставі короткого опитування було залучено до роботи 15 експертів, на умовах погодинної оплати. Загальний обсяг часу,

відведеного для опитування, складав 1 годину на експерта, з оплатою 120 грн/годину. Також було запрошено спеціаліста-аналітика в сфері тривимірного моделювання, заробітна плата якого становить 14000 грн/міс. Заробітна плата керівника роботи становить 12000 грн/міс, заробітна плата основного виконавця робіт визначена в 11000 грн/міс.

Проведемо розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавців робіт.

Середньоденна заробітна плата виконавця робіт ($З_{ср.дн.}$) розраховується за формулою:

$$З_{ср.дн.} = \frac{З_{ср.міс.}}{n}, \quad (5.1)$$

де $З_{ср.міс.}$ – середньомісячна зарплата виконавця роботи;

n – число робочих днів у місяці, (n = 22).

В даному випадку середньоденна заробітна плата аналітика складає 636,36 грн/день, заробітна плата керівника проекту складає 545,45 грн/день, заробітна плата виконавця проекту складає 500,00 грн/день.

Етапи виконання НДР, перелік і зміст робіт, трудомісткість їх виконання, заробітна плата виконавця робіт представлені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок трудовитрат і заробітної плати виконавця робіт

Перелік робіт	Кіль-кість виконав-ців	Трудомісткість робіт, люд.-днів	Середньо-денна заробітна плата, грн.	Сума заробітної плати, грн.
1	2	3	4	5
1. Підготовчий етап				
1.1. Розробка та затвердження ТЗ	1	1	545,45	545,45
1.2. Підготовка довідкових матеріалів та даних для виконання НДР	1	2	545,45	1591
2. Основний етап				
2.1 Постановка задачі	1	1	545,45	545,45

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
2.2 Аналіз існуючих технологічних процесів створення тривимірних моделей	1	3	636,36	1909,08
2.3 Аналіз особливостей руху та пропорцій персонажа-дитини	1	3	636,36	1909,08
2.4 Створення методичних рекомендацій	1	1	636,36	636,36
2.4 Розробка методики створення персонажа	1	4	500,00	2000,00
2.5 Практичний експеримент, перевірка розробленої методики	1	2	500,00	1000,00
2.6 Аналіз якості розробленої моделі	15	1 год	120 грн/год	1800,00
3. Заключний етап				
3.1 Аналіз результатів проведення роботи	2	2	636,36 500,00	1272,72 1000,00
3.2 Формування висновків та пропозицій за темою проекту	2	1	636,36 500,00	636,36 500,00
Усього		20		15345,40

5.3 Розрахунок одноразових витрат на розробку НДР

Калькуляція собівартості розраховується відповідно до існуючих нормативних актів України. До складу калькуляції входять такі статті витрат:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- єдиний соціальний внесок;
- амортизація основних засобів (вартість машинного часу);
- витрати на спожиту електроенергію;
- інші витрати.

До інших витрат відносяться адміністративні витрати (водопостачання, водовідведення, опалення, освітлення) та вартість послуг зв’язку.

Матеріальні витрати визначаються витратами на матеріали, визначені їх потребою для виконання робіт, і цін, що діють на момент складання калькуляції.

Матеріальні витрати розраховуються за такою формулою:

$$M = \sum_{j=1}^{n} Q_j \times Ц_j, \quad (5.2)$$

де M – сумарні витрати на матеріали, в тому числі малоцінні предмети, що швидко зношуються (носії, папір, канцелярське приладдя тощо), або на літературу, яка необхідна для проведення роботи, тощо;

Q_j – кількість використаних одиниць j-го виду матеріалів, j =(1..n);

$Ц_j$ – ціна одиниці j-го виду матеріалів.

Розрахунок матеріальних витрат представлено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок матеріальних витрат

Найменування	Од. вим.	Кількість, (Q_j)	Ціна ($Ц_j$), грн	Сумарні витрати на матеріали (М), грн
Олівець механічний	шт.	2	23,00	46,00
Блокнот	шт.	2	40,00	80,00
Усього				126,00

Витрати на оплату праці розраховуються виходячи з необхідного для виконання робіт складу й кількості працівників, а також із середньомісячної заробітної плати. Відповідно до проведених розрахунків витрати на оплату праці виконавців роботи дорівнюють 15 345,40 грн.

Єдиний внесок на загальнодержавне соціальне страхування (ЄСВ) – консолідований страховий внесок, збір якого здійснюється в систему загально обов’язкового державного соціального страхування в обов’язковому порядку і на регулярній основі з метою забезпечення захисту у випадках, передбачених законодавством, прав застрахованих осіб і членів їх сімей на отримання страхових виплат (послуг) за діючими видами загальнообов’язкового державного соціального страхування.

Для об’єкта дослідження ставка єдиного соціального внеску дорівнює 22% від витрат на оплату праці, тобто розмір ЄСВ дорівнює 3 375,99 грн.

При виконанні НДР застосовувалось наступне обладнання: комп’ютер вартістю 15000 грн.

Вищенаведене устаткування є власністю організації виконавця, тому доцільно розрахувати суму амортизаційних відрахувань на період виконання НДР. Амортизація основних засобів розраховується за формулою:

$$AB = \sum_{k=1}^{L} \frac{BO_k}{TE_k} \times T\,, \tag{5.3}$$

де AB – сума амортизаційних відрахувань, нарахованих під час проведення науково-дослідницької роботи;

BO_k – вартість основних засобів k-го виду;

TE_k – термін експлуатації основних засобів k-го виду, днів;

T – термін науково-дослідницької роботи, днів;

L – кількість видів обладнання.

Підставивши відомі значення у (5.3), визначимо величину амортизаційних відрахувань:

$$AB = \frac{15000 \cdot 16}{545} + \frac{15000 \cdot 8}{545} + \frac{15000 \cdot 1}{545} = 687{,}5 \text{ (грн).}$$

Витрати на використану обладнанням електроенергію розраховуються за формулою:

$$З_е = M \cdot t \cdot T_{кВт}, \tag{5.4}$$

де M – потужність устаткування, тобто кількість енергії, споживаної за одиницю часу (кВт/година);

t – кількість годин використання устаткування за період проведення науково-дослідницької роботи;

$T_{кВт}$ – тариф, тобто вартість використання 1 кВт електроенергії.

Споживна потужність комп'ютера складає 0,5 кВт за годину, тариф споживачів складає 0,9 грн./кВт·годин (без ПДВ). Підставивши значення у формулу (4.4), визначимо величину витрат на спожиту електроенергію:

$$З_э = 0{,}5 \cdot 128 \cdot 0{,}9 + 0{,}5 \cdot 64 \cdot 0{,}9 + 0{,}5 \cdot 8 \cdot 0{,}9 = 90 \text{ грн.}$$

До інших статей витрат відносяться такі:

– адміністративні витрати: (водопостачання, водовідведення, освітлення, опалення), які прийнято у розмірі 20% від витрат на оплату праці;

– вартість оплати послуг зв'язку.

Вартість оплати послуг зв'язку становитиме:

Інтернет – із розрахунку 250 грн. на місяць (безлімітний пакет); всього 250 грн. за 25 днів виконання НДР.

За час виконання НДР витрати на відрядження, аутсорсинг, інформаційні послуги та маркетингові заходи не мали місця.

Результати розрахунку кошторису витрат, тобто одноразових витрат, на виконання НДР наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 − Кошторис витрат на розробку НДР

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн.
1	Заробітна плата	15 345,40
2	Єдиний соціальний внесок (22,0 % від п.1)	3 375,99
3	Матеріальні витрати	126,00
4	Амортизація основних засобів	687,50
5	Витрати на спожиту електроенергію	90,00
6	Інші витрати, у тому числі:	
6.1	адміністративні витрати (20% від п.1)	3 069,08
6.2	вартість послуг зв'язку	250,00
	Усього витрати на розробку (*Вр*)	22 943,97

Кошторис витрат на виконання даної НДР складає 22 943,97 грн.

5.4 Оцінка результатів науково-дослідної роботи

Результат – це наслідок послідовності дій виконаних при НДР, виражений якісно або кількісно. В загальному випадку оцінка результатів НДР – це визначення ефективності отриманих рішень порівняно з сучасним науково-технічним рівнем. Відповідно до теми даної кваліфікаційної роботи розглянемо скорочення часу на створення тривимірної моделі є позитивним результатом впровадження НДР.

Результат від впровадження НДР визначається за такою формулою:

$$\Delta P_j = \left| Хб_j - Хн_j \right|, \tag{5.5}$$

де ΔP_j – покращення j-ої характеристики досліджуваного процесу за рахунок впровадження результатів НДР ($j=1,m$);

m – кількість досліджуваних характеристик;

$Хб_j$ – базове значення j-ої характеристики;

$Хн_j$ – нове значення j-ої характеристики після впровадження НДР.

Таблиця 5.4 – Відсоток досягнення мети користувачем та оцінка якості дизайну

Характеристика	До впровадження	Після впровадження
Час розробки моделі, год	18	15
Загальний час роботи над моделлю, год	46	43

Підставивши відповідні значення до формули (5.5), визначимо результат від впровадження НДР у чисельному вигляді:

$$\Delta P_{ч.1} = |18 - 15| / 18 = 16{,}6\% ;$$
$$\Delta P_{як.1} = |46 - 43| / 46 = 6{,}5\% .$$

За результатами дослідження покращення є вдалими. Вони зменшили витратний час на 6,5% та отримали задовільну оцінку за якість моделі (п. 4.3).

Під час економічного обґрунтування НДР було дана характеристика науково-дослідної роботи, наведені етапи виконання НДР, розрахована їх трудомісткість та заробітна плата виконавця. Розраховано одноразові витрати на розробку НДР, дано оцінку результатів науково-дослідної роботи та визначено економічну ефективність результатів НДР. Дана науково-дослідна робота має позитивний показник економічної ефективності. Роботу у цілому можна враховувати ефективною або такою, що має науковий та технічний рівень.

ВИСНОВКИ

Дослідження присвячене розробці методики підготовки тривимірного персонажа дитини до анімації. Були досліджені теоретичні матеріали і науково-методичні статті за технологією і етапами розробки персонажів. Проведено дослідження специфіки підготовки персонажів до анімації та аналіз методів підготовки до анімації.

Також були вивчені характерні особливості образу персонажа дитини і особливості підготовки його до анімації. В результаті дослідження були виявлені основні критерії необхідні для створення правдоподібного образу дитини. На основі яких був створений метод підготовки персонажа-дитини до анімації. Цей алгоритм був надалі використаний для створення власного персонажа і підготовки його до анімації.

Розроблена методика розрахована на використання прикладних засобів тривимірного моделювання, за допомогою яких можна створювати складні анімовані проекти. Як основна програма для роботи була використана програма Blender, це професійний пакет для роботи з тривимірною графікою, який використовують великі анімаційні студії для вирішення складних завдань. Основними інструментами для налаштування оснащення персонажа являються Constraint і Driven Key. Для спрощення і збільшення автоматизації налаштування рігу, в майбутньому планується розробка пакету скриптів для цієї методики.

Створення і анімація тривимірних персонажів являється дуже популярним на сьогодні в багатьох сферах життя суспільства – реклама, кіно, мультиплікація, ігри. Тривимірні персонажі дітей дуже затребувані оскільки позитивно впливають на сприйняття аудиторією. Але з персонажем маленької дитини досить важко працювати, із-за складності передачі правдоподібної анімації на екрані. На жаль у вітчизняній анімації на даний момент не прикладів використання тривимірних персонажів дітей у віці 1-2 року, і

використання розробленої в цій роботі методики дозволить спростити роботу з підготовки персонажів дітей до анімації.

Створений персонаж, з налагодженою системою контролерів, готовий для анімації і наступного впровадження в анімаційні фільми або серіали.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гаманець Є.О., Дейнеко Ж.В. Особливості створення анімованого тривимірного персонажу. // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: матеріали Молодіжної школи-семінару VI Міжнар. наук.-техн. конф. (3 листопада 2021, м. Харків). 2021. Т2. С. 76-78.

2. Глушко М.М. Нечаєв В.О. LOW POLY моделлінг для індустрії інтерактивних розваг. // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: тези доп. IV Міжнар. наук.-техн. конф. (18-22 травня 2021, м. Харків). 2021. Т1. С. 107-108.

3. Ковалёва Д.Ф., Дейнеко Ж.В. Оптимизация 3D-моделей как способ уменьшения загрузки на графический процессор. // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: матеріали Молодіжної школи-семінару V Міжнар. наук.-техн. конф. (3 листопада 2020, м. Харків). 2020. Т2. С. 27-30.

4. Кулішова Н.Є., Ткаченко В.П. Методичні вказівки з виконання кваліфікаційної роботи здобувачів вищої освіти на другому (магістерському) рівні для студентів усіх форм навчання спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія». Харків: ХНУРЕ, 2020. 51 с.

5. Марафи К. Создание персонажей в Мауа: моделирование и анимация. М.: Вильямс, 2004. 441 с.

6. Полозова Т.В. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів (робіт) для студентів усіх форм навчання спеціальності спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» спеціалізації «Комп'ютерні технології та системи видавничо-поліграфічних виробництв». Харків: ХНУРЕ, 2016. 48 с.

7. Прахов А. Самоучитель Blender 2.6. С-Пб.: БХВ-Петербург, 2013. 384 с.

8. Робертс, С. Анимация 3D персонажей. М.: Символ-Плюс, 2006. 264с.

9. Слаква А. Инструменты моделирования в Blender. URL: https:// blender3d.com.ua/modeling-tools-book/ (дата звернення: 21.10.2021).

10. Флеминг Б. Методы анимации лица. Мимика и артикуляция. ДМК Пресс, 2002. 336 с.

11. Флеминг Б. Создание Трехмерных персонажей. Уроки мастерства. М:. ДМК Пресс, 1999. 448с.

12. Цыпцын С. Понимая MAYA. М.: Арт Хаус медиа, 2007. 1428 с.

13. Шикин Е.В. Компьютерная графика. Полигональные модели. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2000. 464 с.

14. Шонхер М. Исследуем Maya 4: 30 уроков в 3D. М:. КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. 288 с.

15. Autodesk Maya Press. The Art of Maya: An Introduction to 3D Computer Graphics 4th Edition edition. Publisher: John Wiley & Sons, 2007. 256 p.

16. Maestri G. Digital Character Animation 3. New Riders Press, 2006. 309 p.

17. Williams R. The Animator's Survival Kit: A Manual of Methods, Principles and Formulas for Classical, Computer, Games, Stop Motion and Internet Animators Paperback. 2012. 224 p.