

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

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Створення анімації для 3D моделі персонажа на основі  
інформаційної технології захоплення рухів

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи СНМ-61  
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва спеціальності)

Саламандра В. І.  
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник Готович В. А.  
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль Мацюк О.В.  
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Завідувач кафедри Боднарчук І.О.  
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Петрик М.Р.  
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Тернопіль  
2021

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

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

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Саламандрі Василю Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Створення анімації для 3D моделі персонажа на основі інформаційної технології захоплення рухів

Керівник роботи Готович Володимир Анатолійович, к.т.н., доцент каф. КН  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» жовтня 2021 року № 4/7-908

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації за темою дослідження

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)  
Вступ. 1 Загальні основи створення анімації на основі технології захоплення рухів. 2 Створення анімації за допомогою технології захоплення рухів. 3 Створення комп'ютерної анімації та аналіз отриманих результатів. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік літературних джерел. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н., доцент Дмитроца Л.П.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викладач Клепчик В. М.		

7. Дата видачі завдання 27 вересня 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	27.09.2021-29.09.2021	Виконано
2.	Підбір наукових джерел щодо створення анімації за допомогою технології захоплення руху	30.09.2021-03.10.2021	Виконано
3.	Переклад та опрацювання наукових джерел щодо створення анімації за допомогою технології захоплення руху	04.10.2021-10.10.2021	Виконано
4.	Виконання завдання по створенню комп'ютерної анімації та аналіз отриманих результатів	11.10.2021-17.10.2021	Виконано
5.	Оформлення розділу «Загальні основи створення анімації на основі технології захоплення рухів»	18.10.2021-24.10.2021	Виконано
6.	Оформлення розділу «Створення анімації за допомогою технології захоплення рухів»	25.10.2021-31.10.2021	Виконано
7.	Оформлення розділу «Створення комп'ютерної анімації та аналіз отриманих результатів»	01.11.2021-07.11.2021	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	08.11.2021-11.11.2021	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	12.11.2021-14.11.2021	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	15.11.2021-24.11.2021	Виконано
11.	Нормоконтроль	25.11.2021-28.11.2021	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	30.11.2021	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	07.12.2021	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	21.12.2021	

Студент

(підпис)

Саламандра В. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Готович В. А.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Створення анімації для 3D моделі персонажа на основі інформаційної технології захоплення рухів // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Саламандра Василь Ігорович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНМ-61 // Тернопіль, 2021 // С. 70, рис. – 33, додат. – 2, бібліогр. – 54.

Ключові слова: АНІМАЦІЯ, ЗАХОПЛЕННЯ РУХУ, КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА, 3DМОДЕЛЬ, КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР.

Кваліфікаційна робота присвячена створенню комп'ютерної анімації для 3D моделі персонажа на основі технології захоплення рухів.

В першому розділі описано поняття комп'ютерної анімації, її різновиди та сфери застосування. Наведено основи технології захоплення рухів а також порівняльний аналіз різних типів систем захоплення руху, їх переваг та недоліків. Розглянуто процес створення анімації обличчя на основі технологію захоплення руху.

В другому розділі наведено обґрунтування вибору інструментальних засобів та робочого матеріалу для виконання практичної частини роботи.

В третьому розділі наведено практичну сторону процесу створення комп'ютерної анімації а також проаналізовано отримані результати. Аналіз показав наявність деяких недоліків, як використаних в роботі засобів створення анімації на основі технології захоплення рухів, так і самої технології в цілому.

## ANNOTATION

Animation development for character's 3D-model on the base of information technology of movements capturing // Qualification work of the educational level "Master" // Salamandra Vasyl Igorovych // Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, SNm-61 group // Ternopil, 2021 // P. 70, fig. – 33, annexes – 2, references – 54.

Keywords: ANIMATION, MOTION CAPTURE, COMPUTER GRAPHICS, 3DMODEL, COMPUTER VISION.

This thesis is devoted to the creation of computer animation for character's 3D-model on the base of motion capture technology.

The first section describes the concept of computer animation, its types and applications. The basics of motion capture technology as well as a comparative analysis of different types of motion capture systems, their advantages and disadvantages. The process of creating face animation based on motion capture technology is also considered.

The second section provides a rationale for the choice of tools and working material to perform the practical part of the work.

The third section presents the practical side of the process of creating computer animation and analyzes the results. The analysis showed the presence of some shortcomings both in the work of means of creating animation based on motion capture technology, and the technology as a whole.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ АНІМАЦІЇ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХОПЛЕННЯ РУХІВ .....	9
1.1 Поняття комп'ютерної анімації .....	9
1.2 Технологія захоплення рухів .....	12
1.3 Порівняльний аналіз відомих систем захоплення рухів .....	17
1.3.1 Механічні системи .....	17
1.3.2 Магнітні системи.....	18
1.3.3 Інерціальні системи.....	19
1.3.4 Оптичні системи.....	22
1.4 Захоплення руху обличчя .....	26
1.5 Постановка завдання.....	28
1.6 Висновки до першого розділу.....	29
2 СТВОРЕННЯ АНІМАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХОПЛЕННЯ РУХІВ .....	30
2.1 Вибір програмного забезпечення для захоплення рухів .....	30
2.2 Вибір робочого матеріалу.....	34
2.3 Порівняльний аналіз відомих редакторів .....	35
2.3.1 Редактор Blender.....	35
2.3.2 Редактор 3DS MAX.....	36
2.3.3 Редактори SculptrisAlpha та ZBrush .....	37
2.3.4 Редактор CINEMA 4D.....	38
2.3.5 Редактор Maya .....	39
2.4 Висновки до другого розділу .....	40
3 СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ АНІМАЦІЇ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....	42
3.1 Створення анімації за допомогою хмарного сервісу.....	42
3.2 Створення анімації за допомогою комп'ютерного редактора.....	47

3.3 Аналіз отриманих результатів .....	53
3.4 Висновки до третього розділу.....	54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	55
4.1 Освітлення та мікрокліматичні умови праці на робочому місці.....	55
4.1.1 Вимоги охорони праці при виконанні робіт на персональному комп'ютері .....	55
4.1.2 Вимоги щодо організації та обладнання робочих місць .....	57
4.1.3 Вимоги безпеки під час роботи з комп'ютером.....	58
4.2 Фактори ризику і можливі порушення здоров'я користувачів комп'ютерів.....	59
4.2.1 Структура системи БЖД .....	59
4.2.2 Небезпечні й шкідливі фактори при виконанні робіт за комп'ютером .....	61
4.3 Висновки до четвертого розділу.....	63
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ .....	66
ДОДАТКИ	

## ВСТУП

**Актуальність теми роботи.** Комп'ютерна анімація як різновид комп'ютерної графіки, є невід'ємною частиною сьогоденної індустрії. Анімація використовується в багатьох сферах, починаючи від створення фільмів і закінчуючи візуалізацією різних математичних розрахунків.

Технологія захоплення рухів є відносно новим та перспективним напрямком комп'ютерної анімації. Використання систем захоплення руху з метою створення анімації для фільмів, ігор або застосунків з доповненою реальністю є досить перспективним напрямом як теоретичних досліджень, так і вирішення практичних задач. На даний момент існує багато різновидів даної технології, проте особливої уваги застосовують безмаркерні системи, які в майбутньому можуть замінити інші різновиди, а також спеціалізовані хмарні сервіси. Практичне застосування таких систем є актуальною задачею.

**Метою роботи** є створення анімації для 3D персонажа на основі технології захоплення руху. Відповідно до мети роботи необхідно виконати наступні **задачі**:

- відібрати відеоматеріал для опрацювання;
- вибрати інструментальні засоби;
- виконати практичну частину роботи по створенню анімації з використанням вибраних інструментальних засобів;
- проаналізувати отримані результати.

**Об'єктом дослідження** є процес створення комп'ютерної анімації на основі технології захоплення рухів.

**Предметом дослідження** є застосування спеціалізованих хмарних сервісів та комп'ютерних редакторів для створення комп'ютерної анімації на основі технології захоплення рухів.

**Наукова новизна одержаних результатів** кваліфікаційної роботи полягає в застосуванні відносно нової на сьогоднішній день технології



створення анімації, яка полягає в записуванні та відтворенні рухів анімованих персонажів з допомогою цифрових засобів.

**Практичне значення одержаних результатів.** Створено комп'ютерну анімацію для 3D моделі персонажа на основі технології захоплення рухів з використанням сучасних інструментальних засобів та хмарних сервісів.

**Апробація результатів роботи.** Результати роботи представлено на двох наукових конференціях:

1. X Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» на тему “Використання технології комп'ютерного зору для спрощення анімації персонажів”;

2. IX науково-технічна конференція «Інформаційні моделі, системи та технології» на тему “Створення анімації для 3d персонажа за допомогою технології захоплення руху”.

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

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 54 найменувань та 2 додатків. Загальний обсяг роботи становить 70 сторінок, з них 61 сторінка основного тексту, який містить 33 рисунки.

# 1 ЗАГАЛЬНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ АНІМАЦІЇ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХОПЛЕННЯ РУХІВ

## 1.1 Поняття комп'ютерної анімації

Останнім часом все більше набирає обертів розвиток комп'ютерної анімації як сімейства методів та засобів комп'ютерної техніки для об'єднання багатьох зображень в єдину послідовність з метою отримання ефекту руху. В порівнянні із більш загальним поняттям комп'ютерної графіки [1], яка стосується обробки як окремих статичних кадрів, так і об'єднаних у деяку послідовність окремих кадрів, задачею комп'ютерної анімації є обробка рухомої послідовності кадрів. На сьогоднішній день комп'ютерна анімація широко застосовується в багатьох сферах, зокрема, створення комп'ютерних ігор [2] та мультимедійних додатків. Також вона знайшла своє застосування в оформленні веб-сторінок та анімованих рекламних банерів. Починаючи з середини 80-х років минулого століття комп'ютерна анімація використовується у кінематографі.

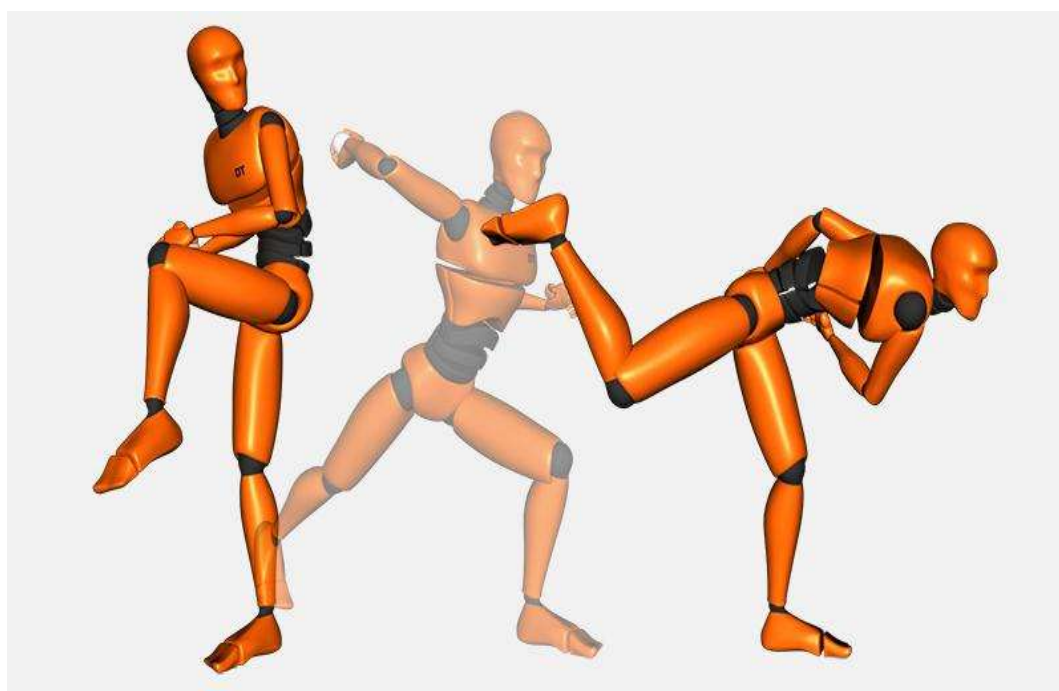


Рисунок 1.1 – Приклад анімації

Порівняно з класичною анімацією, застосування комп'ютерної 3D-анімації має деякі переваги. Однією з найважливіших переваг є відсутність спотворень пропорцій рухомого об'єкта оскільки, на відміну від художника, перспективу комп'ютер прораховує автоматично.

На даний момент виділяють два різновиди тривимірної комп'ютерної анімації: реалістичний і стилізований рендеринг. Реалістичну комп'ютерну анімацію можна також розділити на дві підкатегорії: фотореалізм [3], де використання технології захоплення руху використовується найчастіше для створення анімації персонажа і наближений реалізм [4]. Фотореалізм чи не вперше був застосований розробниками відомої комп'ютерної гри Final Fantasy [5]. Ймовірно, в майбутньому до даного стилю будуть віднесені твори в жанрі інтерактивного ігрового кіно з елементами фентезі.



Рисунок 1.2 – Зразок реалістичної графіки

Мультфільм «Супер сімейка» [6] – це приклад стилістичного фотореалізму.

На сьогоднішній день жоден із згаданих напрямків не позбавлений недоліків, але дослідження ведуться і в перспективі можна очікувати значного покращення якості та реалістичності комп'ютерної анімації.



Рисунок 1.3 – Зразок стилізованої графіки

На сьогодні перед аніматорами стоїть досить складна задача по створенню реалістичної анімації людини. Людське тіло досить складної будови і відтворення рухів, біомеханіки людини досі залишається складною задачею.

Також проблемою є явище «зловісна долина» [7], яке полягає у різкому спаді привабливості анімованого персонажу, пов'язаному з психологічним несприйняттям людиною персонажів, які надто схожі на людину, проте щось в них видає, що вони насправді неживі, а згенеровані комп'ютером. Це явище отримало свою назву через впадину на графіку, побудованому в результаті досліджень Масахіро Морі [8] у 1970 році. Відповідно, на сьогодні розробники анімаційних фільмів намагаються уникати даного явища, зокрема, шляхом анімування персонажів, стилізованих під тварин, фантастичних істот або ж навіть шляхом створення досить спрощеного образу людини.

Головною метою досліджень в даному напрямку є створення програмного забезпечення, за допомогою якого аніматор зможе створювати епізоди, в яких буде зображено реалістичного персонажа-людину, що

виконуватиме правдоподібні рухи. При цьому одяг, який знаходиться на ньому, повинен реалістично взаємодіяти як з самим персонажем, так і з оточуючими його предметами. Персонаж повинен мати реалістичне волосся та багато інших дрібних деталей.

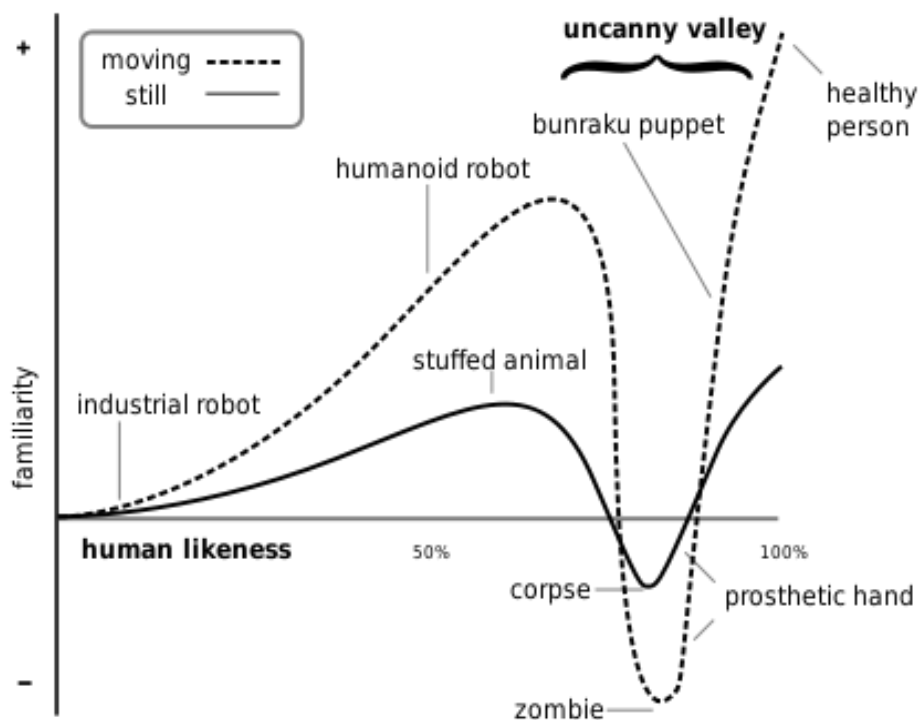


Рисунок 1.4 – Графік Масахіро Морі

Успішними такі роботи вважатимуться лише тоді, коли глядач не зможе впевнено визначити, чи конкретний епізод створено за допомогою комп'ютера, чи з використанням справжніх акторів та кінокамери.

## 1.2 Технологія захоплення рухів

Використання систем захоплення руху людини для створення анімацій до фільмів, ігор або застосунків з доповненою реальністю є відносно новим, проте досить перспективним напрямом. Сучасні системи захоплення руху просунулись досить далеко і дозволяють оцінити не тільки положення тіла в

просторі, а й міміку лица чи переміщення м'язової маси під час виконання вправ.

Проте так не було завжди, колись цих систем ще не існувало, але люди вже намагалися копіювати рухи ще задовго до їх появи. Перші спроби скопіювати рух реальної людини були зроблені Максом Флейшером ще у 1914 році, який запропонував метод переносу зображення – ротоскопія [9]. Для цього бажаного персонажа відіграє реальна людина, а потім за допомогою ротоскопу монтер обводить силует актора та створює задуманий образ, домальовуючи необхідні деталі. Процес зображено на рис. 1.5.

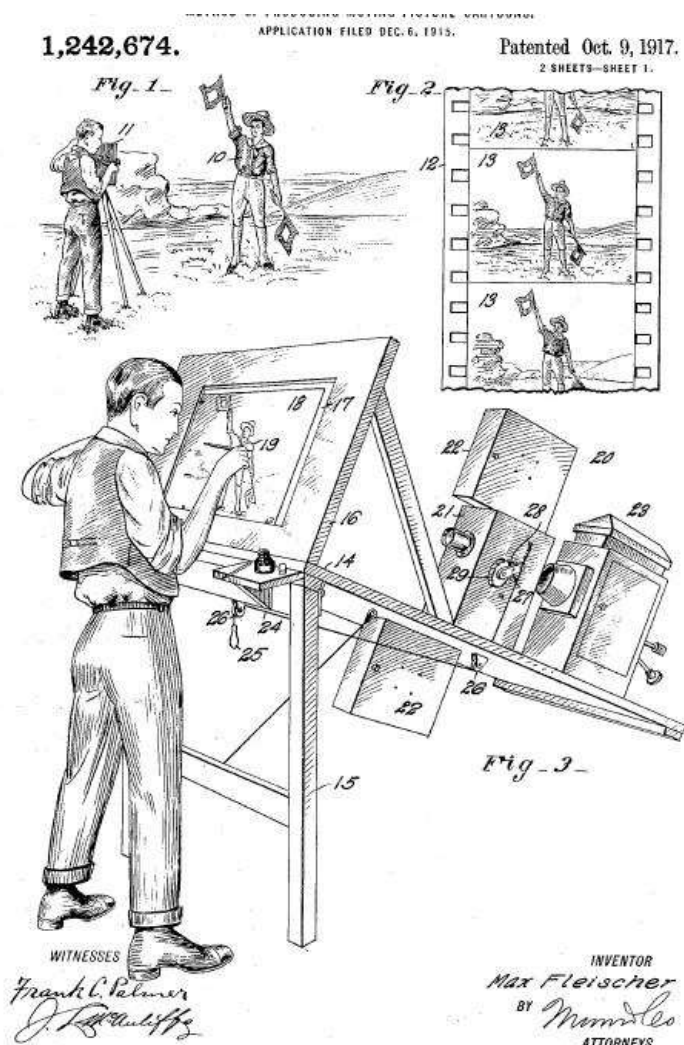


Рисунок 1.5 – Процес ротоскопії

Для “оживлення” персонажа Білосніжки у мультфільмі «Білосніжка і семеро гномів», компанія Disney використовувала таку технологію вже у 1933 році. Коли у 70х роках ХХ сторіччя стало можливим використання комп’ютерної графіки при створенні графіки для фільмів, відеоігор тощо, дана технологія відійшла на другий план і використовується тільки у специфічних задачах.

Після того як ми розглянули звідки походить дана технологія, можна розглянути її трохи детальніше. Зхоплення руху (англ. Motion capture) — це технологія для запису рухів за допомогою комп’ютера, яка зараз широко використовується у багатьох видах програмного забезпечення, призначеного як для розваг так і для проведення різних досліджень. [10]

З використанням технології захоплення руху було знято такі відомі анімаційні фільми як «Різдвяна казка», «Беовульф» «Полярний експрес», створено таких персонажів як Горлум у «Володарі Перснів» та Кінг-Конг у однойменному фільмі режисера Пітера Джексона.

Суть даної технології полягає у тому, що на актора одягається спеціальний костюм, на якому закріплені велика кількість спеціальних давачів, за допомогою яких здійснюється захоплення (запис) рухів актора і передача отриманих даних до комп’ютера. В результаті з отриманих даних формується деякий скелет актора, цифровий зліпок його рухів. Надалі цей скелет можна використати як основу для відтворення рухів будь-яких цифрових персонажів.

До переваг технології захоплення рухів у порівнянні із традиційними методами створення анімації 3D моделі належать:

- Висока швидкість створення анімації. В деяких випадках результат можна отримати майже в реальному часі. В перспективі, використання даної технології дозволить суттєво зменшити витрати на створення ключових кадрів анімації.

- Обсяг виконуваної роботи майже не залежить від складності чи тривалості анімації. Це дозволяє створювати багато варіантів однієї і тієї ж сцени з метою вибору серед них найкращого.

- Можливість точно відтворити складні рухи людини а також реалістично врахувати вплив різних фізичних процесів на виконувани рухи, (вага, інерція тощо).

- Існує можливість користуватися безкоштовним програмним забезпеченням що дозволяє зменшити вартість проекту.

Але, незважаючи на перераховані переваги цієї технології, все ж таки її використовують не так часто і для виконання складних робіт вона не придатна у зв'язку із такими недоліками:

- Щоб отримати та обробити дані в готову анімацію потрібне спеціалізоване апаратне та програмне забезпечення.

- Вартість програмного та апаратного забезпечення, а також витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу може бути невід'ємною для невеликих компаній.

- Наявні на даний момент системи захоплення рухів мають різні вимоги до середовища у якому їм доведеться працювати, наприклад: поле зору камер або магнітне викривлення.

- Якщо запис буде невдалим, то виправити анімацію досить складно. Простіше буде перезаписати сцену, що не завжди є можливим і може потягнути за собою додаткові витрати як часу так і інших ресурсів.

- Запис анімації відбувається в досить обмеженому просторі через деякі конструктивні обмеження систем захоплення руху.

- Неспроможність захоплення специфічних рухів та фізичних взаємодій, які не можна відтворити у реальному житті.

- Якщо пропорції комп'ютерної моделі відрізняються від об'єкта, з якого відбувається захоплення рухів, то можуть виникати неочікувані ефекти. Наприклад, якщо анімаційний персонаж є досить



великих розмірів, а розміри людини, яка виконує відповідну роль значно менші, то можливий ефект, коли руки персонажа “проходять” крізь тіло.

Для розпізнавання руху людини потрібно збирати дані з великої кількості датчиків та проводити подальший їх аналіз. Виходячи з умов використання, до систем ставляться різні технічні вимоги щодо точності, смуги пропускання, швидкості відпрацювання, портативності, тощо. Наприклад, для використання в спортивних задачах ставлять високі вимоги до смуги пропускання системи та високої частоти дискретизації даних. Це пояснюється тим, що досліджувані об’єкти рухаються швидко. Наприклад, швидкість руху людини під час спринту на коротку відстань набагато більша від звичайної прогулянки парком. Необхідність досліджень у спеціальних навколишніх умовах, таких як темні приміщення, басейн, гірська місцевість, також вимагають наявності спеціальних технічних засобів. У деяких випадках неможливо використовувати певні типи СЗР. Для застосування СЗР у середовищі доповненої реальності, вимоги ставляться не стільки до частоти дискретизації, скільки до затримки між виконаним рухом та обробленими даними. Такі вимоги пояснюються необхідністю миттєвого відтворення рухів, що дозволяє створити відчуття присутності для користувача.

Технологічний розвиток дає інженерам можливість використовувати нові підходи та методи у визначенні положення сегментів тіла в просторі та відносного кутового положення, використовуючи нові фізичні принципи та удосконалюючи старі. Загалом, системи захоплення руху можна класифікувати за фізичним принципом на декілька груп: оптичні системи з активними та пасивними маркерами, оптичні безмаркерні (базуються на розпізнанні зображень та образів), інерціальні, магнітні, механічні та акустичні. Всі ці системи дають у результаті анімований “скелет” який відповідає біомеханічній моделі, котра представляється як рухомі з’єднання твердих тіл. Така модель запропонована у 1988 космічним агентством NASA [11].

## 1.3 Порівняльний аналіз відомих систем захоплення рухів

### 1.3.1 Механічні системи

Першими та найпримітивнішими системами є механічні. В таких системах для вимірювання суглобових кутів використовують гоніометр. Для оцифрування суглобових кутів використовують поворотні інкрементальні, резистивні або тензорезистивні датчики. Датчики кріпляться на тілі на місці суглобів та нерухомо з'єднуються між собою, утворюючи так званий екзоскелет [12]. Кути, виміряні датчиками, використовуються в спеціальних алгоритмах, які оцінюють поточну позу тіла.



Рисунок 1.6 – Механічний костюм для захоплення рухів

Використання гоніометрів на тілі людини є складною задачею. Механічні системи частіше всього кріпляться до м'яких тканин або м'язів, котрі, в свою чергу, деформуються під час руху. Це призводить до того, що вісь обертання суглобу та гоніометра не співпадає, що призводить до виникнення похибки вимірювання. Навіть за відсутності деформації м'яких тканин, позиціонування датчиків є складною задачею. Особливо гостро стає питання для плечового суглоба, котрий має три вісі обертання. Екзоскелет,

одягнений на людину, є важким та сковує рухи, що унеможлиблює у повній мірі відтворення природних рухів. Через варіювання антропометричних параметрів людей, необхідно проводити складну калібровку та налагодження перед кожним використанням [13].

Механічні системи мають відносно низьку вартість та високу точність. Тому, на сьогоднішній день, вони використовуються для калібровки інших систем.

### **1.3.2 Магнітні системи**

В магнітних СЗР на тіло кріпляться спеціальні магнітні датчики, що фіксують магнітне поле, котре створюють спеціальні генератори. Генератори, або передавачі, складаються із трьох взаємно перпендикулярних котушок індуктивності, котрі, випромінюють магнітне поле при протіканні струму. Датчики, розміщені на тілі, мають три вісі чутливості, вимірюють напруженість створеного магнітного поля, що пропорційна відстані кожного датчика до випромінювача. Випромінювач та приймач приєднані до обчислювального апарату, котрий, за допомогою спеціальних алгоритмів, відтворює рухи людини, спираючись на отримані дані та закладену біомеханічну модель [14]. Системи цього класу відрізняються типом модуляції магнітного струму в передатчиках та способах фіксації. На відміну від оптичних засобів фіксації руху, магнітні системи не залежать від перекриття маркерів, оскільки людське тіло «прозоре» для магнітного поля. Однак, дані СЗР мають ряд недоліків. Похибки магнітних систем безпосередньо пов'язані з фізичними властивостями магнітного поля. Потужність магнітного поля квадратично зменшується по віддаленню від випромінювача. При низькій потужності, на згенероване магнітне поле значною мірою впливає навколишнє середовище, а саме магнітом'яке та магнітотверде залізо, що знаходиться в області де проходить захоплення рухів [15].

### 1.3.3 Інерціальні системи

Завдяки розвиненому вестибулярному апарату, людина навчилася ходити на двох кінцівках, тримати рівновагу, фокусувати зір на нерухомих об'єктах під час руху, тощо. Саме внутрішнє вухо фіксує відхилення від положення вертикалі, дію прискорення на тіло та відчуває швидкість обертання. Намагаючись оцінити орієнтацію механічного транспортного засобу, людина винайшла аналог такої системи – інерціальну систему орієнтації [16]. Для роботи такої системи використовуються гіроскопічні датчики кутової швидкості (ДКШ), акселерометри та магнітометри. Ці три блоки утворюють інерціальний вимірюючий блок (ІВБ). Приріст кутового положення знаходиться шляхом інтегрування вимірюваної за допомогою ДКШ кутової швидкості. Акселерометр вимірює прискорення, що діє на чутливий елемент, включаючи прискорення вільного падіння, що дозволяє користувачеві оцінити кутове положення тіла відносно напрямку місцевої вертикалі [17] та лінійне переміщення за допомогою інтегрування його показів. Вимірюючи складові вектору магнітного поля Землі, можна отримати орієнтацію тіла відносно напрямку на магнітну північ. Комбінуючи отримані дані, можна оцінити абсолютну орієнтацію тіла у географічній системі координат (ГСК). На рис. 1.7 зображено принципову схожість між ступенем вільності суглобу та літальним апаратом.

Практичне використання інерціальних датчиків у нетрадиційних цілях стало можливе завдяки стрімкому розвитку мікроелектроніки та мікроелектромеханіки, зокрема в сферах виробництва мікромеханічних систем (англ. MicroElectroMechanical Systems, скорочено MEMS), таких як акселерометри та датчики кутової швидкості (ДКШ). В інерціальних системи обробки параметрів руху людини (ІСОПРЛ) або захоплення руху (ІСЗРЛ) використовується декілька мініатюрних ІВБ, котрі встановлюються в певних точках на людському тілі. Знаючи положення кожного сегменту

біомеханічної моделі, можна оцінити відносне і абсолютне положення сегментів та тіла в цілому.

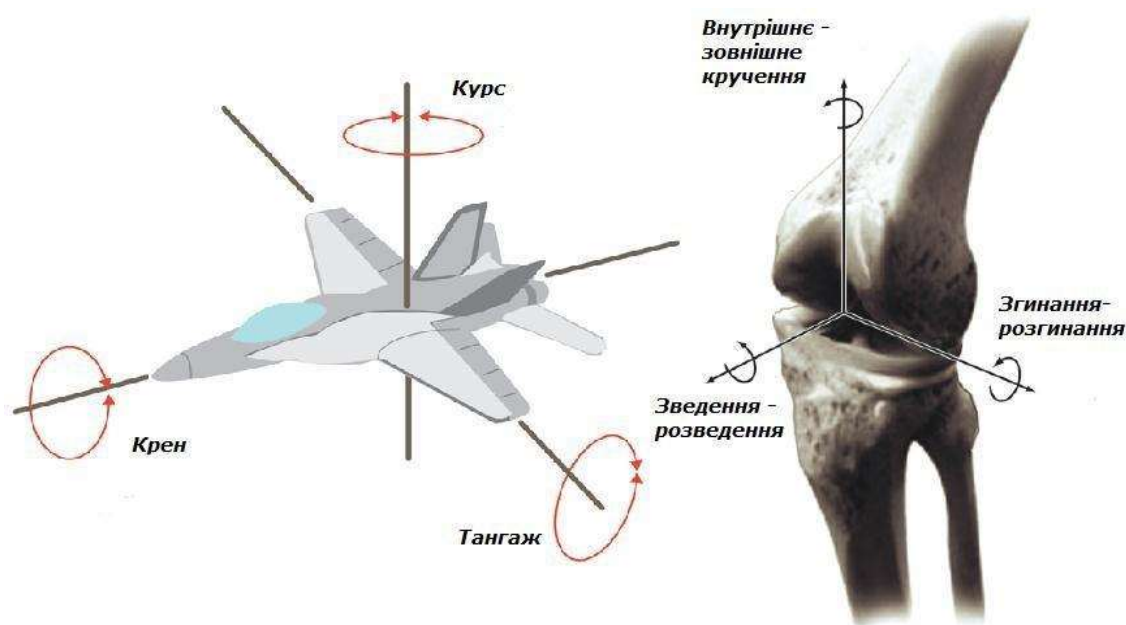


Рисунок 1.7 – Орієнтація літального засобу та просторове положення суглобу

ІСЗРЛ широко використовуються як у лабораторних дослідженнях, так і на відкритій місцевості. Сигнали з ІВБ для захоплення і виявлення руху можна безперервно записувати під час виконання людиною повсякденної діяльності, лікарні, на відкритому повітрі, у спеціальних середовищах та протягом тривалого періоду часу. Системи збору даних на основі ІВБ є практичними і відносно дешевими. Зібрані дані можуть бути оброблені в автономному режимі або під час руху в режимі реального часу. Ці системи використовують ефективні та швидкі алгоритми обробки даних, що дає змогу людині самостійно кількісно оцінити власний рух. При виконанні вправ та під час реабілітації це дає зворотній зв'язок для оцінки рухової активності людини.

До недоліків інерціальних систем відносяться такі: неможливість використання системи для захоплення міміки; неможливість довгий час точно відслідковувати лінійні переміщення тіла людини в лабораторії. Проте

остання проблема може бути вирішена шляхом використання спеціальних алгоритмів підрахунку кроків на основі показів акселерометрів – педометрії [18] або комплексування з глобальними системами радіо або супутникової навігації.

Відсутність зовнішніх джерел інформації; портативність системи; свобода пересування актора; не обмежена площа знімального майданчика; відсутність вимог до навколишнього середовища; висока інформативність отриманих даних, робота в режимі реального часу; відносно невисока вартість – всі ці особливості роблять ІСЗРЛ особливо цікавою для дослідників та розробників.

Вищеописані властивості ІСЗРЛ роблять їх привабливим вибором для розв'язку багатьох задач в медицині [19], спорті [20], кіноіндустрії, доповненій реальності [21]. Варто відмітити, що характеристики точності таких систем можна підвищити декількома шляхами, котрі включають як алгоритмічні аспекти, так і застосування спеціальних рішень щодо чутливих елементів. Рівень і швидкість розвитку мікромеханічних датчиків дає змогу стверджувати, що в недалекому майбутньому будуть доступні недорогі мікромеханічні датчики з характеристиками для вирішення задач тактичного класу. На даний час вже доступні мікромеханічні гіроскопи з нестабільністю нульового сигналу порядку декількох градусів за секунду [18], проте їх ціна занадто висока щоб використовувати в ІСЗРЛ. Окрім технологічного підвищення характеристик чутливих елементів, у роботах пов'язаних з інерціальними системами, досить давно ведуться дослідження щодо використання надлишкових блоків чутливих елементів для покращення характеристик точності. Сучасний рівень розвитку технологій мікромеханічних чутливих елементів (які розміщуються на одному кристалі кремнію з мікропроцесором, що обробляє первинні сигнали), алгоритмічного забезпечення комплексування датчиків різної фізичної природи, обчислювальних потужностей дають можливості щодо вдосконалення вже розроблених алгоритмів, які використовуються в ІСЗРЛ.

### 1.3.4 Оптичні системи

Ніша оптичних систем захоплення руху має широкий спектр підходів до вирішення задачі оцінки поз. Загалом, оптичні методи діляться на три підкатегорії: оптичні з активними маркерами, пасивними маркерами та на основі комп'ютерного зору [22].

Оптичні засоби з пасивними маркерами, або відбивачами, базуються на принципі відбивання сигналу. Для цього навколо зони дослідження статично встановлюють високошвидкісні камери із інфрачервоними випромінювачами. Окрім відеозйомки, камери збирають дані з об'єкту дослідження. Відстань від камери до маркера отримують методом триангуляції, використовуючи відбите від маркера інфрачервоне випромінювання та час між випромінюванням і отриманням сигналу. Для коректної роботи об'єкт дослідження повинен знаходитися у полі видимості камер, тобто периметр досліджуваної зони повинен бути оточеним спеціальними камерами. Ця особливість обмежує область застосування оптичних СЗР. Під час складних рухів маркери можуть перекривати або міняти положення, що призводить до виникнення похибок оцінювання руху. Переваги такої системи – відносно велика точність, відсутність дротів, додаткових батарей та громіздких приладів на тілі, що підвищує природність рухів. На рис. 1.8 зображено приклад використання системи VICON [23] для запису рухів спортсменів та подальшого використання при розробці комп'ютерної гри.

Принцип дії активної оптичної СЗР базується на тому ж принципі, що і СЗР з пасивними маркерами. Головна відмінність – маркери випромінюють модульований інфрачервоний сигнал, використовуючи напівпровідникові світлодіоди. Кожен маркер має свій модульований сигнал. Це підвищує точність визначення кутового положення, однак зменшує частоту дискретизації вибірки сигналу. Lorin P. Maletsky, Junyi Sun проводили дослід точності активної маркерної СЗР у порівнянні із механічною. У лабораторних

умовах отримана точність сягнула  $0.67^\circ$  з повторюваністю 95%. Однак відзначається, що розташування камер має вплив на точність; чим ближче об'єкт до фокусної відстані камери – тим точніше результати, виявлено вплив відносного розташування камер на точність [24]. Суттєвий недолік активних і пасивних систем – вплив освітленості навколишнього середовища на точність роботи.



Рисунок 1.8 – Запис рухів для відеогри "NHL 2K10"

Аналогічно людському зору, існує можливість оцінки руху за допомогою аналізу зображень, використовуючи звичайні камери.

Відносно новими є т.зв. безмаркерні підходи до захоплення руху. Їх суттєвою перевагою є відсутність потреби використання системи спеціальних давачів або костюмів, оскільки вони базуються на технологіях комп'ютерного зору і розпізнавання образів. За допомогою спеціальних комп'ютерних алгоритмів збору та аналізу одразу декількох потоків даних, отриманих за оптичного обладнання, ці системи в змозі виявляти контури фігур і розбивати їх на складові частини з метою подальшого відстеження. Завдяки цьому отримано можливість здійснювати розпізнавання і відстеження руху людей у одязі, що значно розширює діапазон застосування даних систем. Значно спрощується сам процес створення 3D анімації,



оскільки пришвидшується підготовка до зйомок і захоплення рухів (біг, боротьба, падіння, стрибки тощо) відбувається без ризику пошкодити обладнання. На сьогоднішній день існує не так багато безмаркерних систем, які дають якісний результат. Хоча дослідження в даній сфері проводяться вже досить давно, а саме з середини 90-х років [25].

Наразі проводиться багато досліджень по розробці алгоритмів, що дозволяють оцінити положення тіла на основі отриманого зображення, використовуючи нейронні мережі [26]. Але частіше за все, двовимірному зображенню не вистачає, необхідно використовувати додаткові камери, котрі дають змогу оцінити положення об'єкта під різними кутами. Цього добиваються використанням широкоформатних камер, що фіксують відстань до об'єкту – LIDAR [27] систем. Представником таких систем є Microsoft Kinect [28] та Asus Xtion Pro [29], Melexis SoftKinetic [30]. Переваги – відсутність дротів та додаткових датчиків, простота використання, легка для обробки інформація. Але такі системи мають ряд суттєвих недоліків. До них можна віднести погіршення якості роботи при недостатньому освітленні приміщення, високий рівень шумів в отриманих даних під час складних рухів, іноді неможливо оцінити коректно орієнтацію тіла через перекриття сегментів, високі вимоги до обчислювальної техніки.

На даний момент існує всього два типи безмаркерних систем, які поділяються за типом сенсора, на який відбувається запис – кольорова камера і сенсор-далекомір.

У безмаркерних системах, які засновані на використанні кольорової камери, захоплення руху відбувається за допомогою звичайної оптичної камери і комп'ютера з спеціальним програмним забезпеченням [31]. Як приклад подібної системи можна навести продукт компанії iPi Soft [32]. Програмне забезпечення iPi Motion Capture використовує в якості вхідних даних кадри, отримані з декількох камер, розташованих так, щоб захоплювати всю необхідну для запису область простору.

Саме захоплення руху за допомогою даного рішення відбувається на основі обробки отриманих результатів, а не в режимі реального часу [33]. Саме тому процес захоплення руху відбувається у два етапи. Перший етап це безпосередньо сама зйомка, а другий – це вже розпізнавання об'єктів на отриманому відеоряді.

При цьому, системи даного типу для своєї коректної роботи вимагають виконання декількох істотних умов:

- Рівномірне освітлення з достатньою інтенсивністю;
- У полі зору камер не повинно бути сторонніх об'єктів, які можуть перешкоджати процесу захоплення. Також, перед початком процесу зйомки актор повинен зайняти деяку еталонну позу. Це необхідно для того, щоб система змогла правильно розпізнавати ключові, опорні точки.

Даний тип систем здебільшого придатний для створення основи для 3D анімації, але не для безконтактного управління персонажем. Про щось серйозніше тут говорити поки що не можливо.

Інший тип систем безмаркерного захоплення руху базується на аналізі даних, отриманих з сенсора-далекоміра [34]. На даному типі систем засновані такі програмні продукти:

- OpenNI;
- Kinect SDK;
- IPi Soft та інші.

Застосування сенсорів-далекомірів дає можливість зменшити кількість задач, які потрібно вирішувати в процесі роботи, а саме: відокремлення базового фону (тла) від рухомих об'єктів та сегментація наявних на зображенні об'єктів. Тому комп'ютерні програми, які використовують сенсор-далекомір, витрачають значно менше обчислювальних ресурсів комп'ютера, що в свою чергу дозволяє здійснювати захоплення руху в режимі реального часу [35]. Крім того, завдяки далекомірам пропадає потреба одночасного використання багатьох камер, і в деяких простих

випадках буде цілком достатньо лише однієї камери для отримання хорошого результату (рис. 1.9).

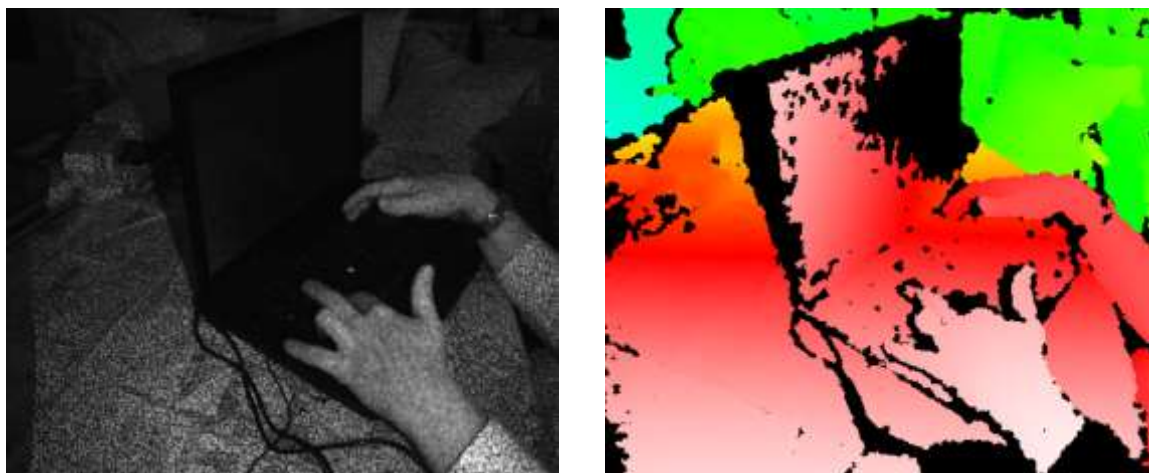


Рисунок 1.9 – Зображення з камери Microsoft Kinect

Технологія захоплення руху відома вже досить давно. Розроблено відповідне програмне забезпечення. Однак, при практичному використанні даної технології й досі може бути чимало проблем. Теоретично технологія дозволяє робити захоплення будь-якого руху, але на практиці це не завжди можливо. Ще одна проблема полягає в обмеженнях фізичних розмірів як області зйомки та і самого об'єкта зйомок. Також система може не коректно працювати при наявності блискучих та дзеркальних поверхонь, які попростують лишні перешкоди шумового характеру.

#### **1.4 Захоплення руху обличчя**

Захоплення руху обличчя – це процес, під час якого записуються рухи обличчя людини (міміка) з метою перетворення їх в цифрову форму за допомогою камер або лазерних сканерів [36]. Так формується деяка база даних міміки обличчя. В подальшому цю базу даних можна використовувати для створення комп'ютерної анімації для фільмів, ігор або персонажів (аватарів) у проектах, розроблених для віртуальної реальності. Завдяки тому,

що записана таким способом анімація, отримана від руху реальних людей, це заставляє її виглядати більш реалістичніше та детальніше, ніж анімації, які були створені вручну.

Створені комп'ютером персонажі позбавлені м'язів. Тому для досягнення високої правдоподібності анімації доводиться використовувати деякі спеціальні прийоми. Наприклад, аніматори створюють багато додаткових кісток, які контролюють різні частини обличчя і рухають їх відповідним чином, що дозволяє досить точно відтворити міміку обличчя людини.

Захоплення рухів обличчя може відбуватися у двох або у трьох вимірах. Для двовимірного захоплення достатньо буде використовувати одну камеру та більш бюджетне програмне забезпечення, наприклад Zign Track, Zign Creations. Даний підхід в результаті дає менш детальну анімацію та не здатний фіксувати деякі тривимірні об'ємні рухи, наприклад, повороти голови. Проте, в більшості випадків анімації такого рівня достатньо для створення різних проектів.

Тривимірне захоплення є більш складнішим в реалізації, оскільки потребує використання багатокамерних установок або спеціальної лазерної системи маркерів. Однак, як правило, такі системи мають значно вищу вартість, а тому в більшості випадків використовуються радше для наукових досліджень, аніж для створення розважального контенту.

Запис руху обличчя досить тісно пов'язаний із захопленням руху тіла. Але через те, що перед даною технологією стоять складніші завдання (виявлення та відстеження дрібних деталей у виразі обличчя), потрібною є більша роздільна здатність та точність обладнання, що в цілому ускладнює даний процес.

Для відстеження та захоплення рухів обличчя дана технологія використовує спеціальні мітки, які наносяться на лице звичайним маркером, або, якщо немає бажання наносити мітки, то можна використовувати замість них куточки очей роту та інші дрібні деталі риси обличчя.

Також технологія безмаркерного відстеження обличчя інколи застосовується у поєднанні з системами розпізнавання осіб.

На даний момент рівень технології безмаркерного відстеження обличчя помітно виріс. Технологія часто використовується у комерційних проектах. Наприклад, відповідні системи застосовувались при зйомках таких фільмів, як «Матриця» та «Загадкова історія Бенджаміна Баттона». В останньому фільмі було використано зокрема систему Mova [37] для захоплення деформованої моделі обличчя. Дана модель була відповідним чином анімована шляхом поєднання двох методів: ручного та на основі використання комп'ютерного зору.

## **1.5 Постановка завдання**

Після того, як ми ознайомилися з поняттям комп'ютерної анімації, а також її створенням за допомогою технології захоплення рухів, розглянемо те, що ми збираємося виконати у даній роботі. Як можна догадатися з тематики даної кваліфікаційної роботи, тут буде розглянуто процес створення анімації для персонажа за допомогою одного з типів систем захоплення рухів, а саме безмаркерного, який використовує для захоплення руху технології комп'ютерного зору, щоб за допомогою них аналізувати отримані з камери зображення та на основі отриманих даних створювати анімацію. Для того, щоб створити таким способом анімацію нам потрібно буде програмне забезпечення, тому в наступних розділах ми розглянемо, яке програмне забезпечення для захоплення рухів є на ринку та на основі порівняння їх переваг та недоліків оберемо один або декілька варіантів. Також оскільки нам потрібно буде десь працювати з отриманою в процесі анімацією то також розглянемо доступні на даний момент редактори та оберемо серед них той, який задовольнить наші вимоги до необхідного функціоналу. В самому кінці, на основі отриманих результатів ми визначимо чи являється на даний момент ця технологія хорошим варіантом для

створення анімації персонажів і виявимо, які переваги та недоліки є у даної технології, а також розглянемо можливості для її покращення.

## **1.6 Висновки до першого розділу**

В даному розділі розглянуто поняття комп'ютерної анімації, її застосування для створення різних продуктів, таких як: фільми, комп'ютерні ігри, доповнена реальність та інші. Розглянули різні напрями анімації серед яких реалістична анімація, яка націлена максимально передати відчуття реального світу та стилізована, яка навпаки, намагається зобразити все неправдоподібним. Також розглянуто різні типи систем захоплення руху серед яких: механічні, магнітні, інерційні та оптичні. Оцінили переваги кожної з них, а також їхні недоліки та особливості використання в різних умовах. В результаті із зібраної анімації можна виділити деякі спільні для всіх типів систем переваги та недоліки. До переваг відноситься якість створеної анімації її правдоподібність та швидкість, з якою аніматори можуть отримувати готові результати. До недоліків ж відноситься висока вартість необхідного обладнання та незручність його використання в деяких умовах. На фоні всіх типів даної технології можна виділити безмаркерний, який оснований на технології комп'ютерного зору та дозволяє створювати анімацію, маюче лише зображення з камери. Даний тип поки що ще не досконалий і не підходить для створення складної динамічної анімації, проте в майбутньому він може стати основним методом для захоплення руху людини. Також в даній роботі частково розглянуто захоплення руху обличчя для створення лицевої анімації за допомогою використання аналізу зображень, отриманих з камери. Оскільки анімація обличчя є досить складною при ручній анімації, через наявність великої кількості м'язів, то дана технологія дозволяє досить сильно спростити даний процес та отримати більш якісний результат.

## 2 СТВОРЕННЯ АНІМАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХОПЛЕННЯ РУХІВ

### 2.1 Вибір програмного забезпечення для захоплення рухів

Оскільки завданням цієї роботи є створення анімації для персонажа, використовуючи технологію захоплення руху, то насамперед нам потрібно обрати один з типів даних систем. Через те що нам потрібно створити анімацію максимально простим і доступним для кожного способом, без використання додаткового і досить дорогого обладнання, типи систем, у яких потрібно використовувати спеціальні костюми можна одразу відхилити. Тепер, розглядаючи можливі варіанти, можемо побачити, що їх не так вже і багато залишився – тільки один тип систем, а саме оптичні. Оскільки в даному типі можливе не тільки захоплення руху, використовуючи спеціальний костюм, але і звичайні камери. Можливість аналізу зображень, отриманих використовуючи звичайну камеру, за допомогою технології комп'ютерного зору, досить спрощує процес захоплення рухів та робить даний спосіб доступним кожному, у кого є простий смартфон, що в наш час вже давно перестав бути предметом розкоші, і практично в кожного знайдеться щонайменше один, а в деякого і навіть декілька смартфонів з непоганою камерою.

З типом СЗР визначились, тепер потрібно обрати за допомогою чого будемо проводити аналіз зображень для створення анімації. Існує немало програмного забезпечення та хмарних сервісів, які на цьому спеціалізуються. Тому давайте розглянемо деякі доступні варіанти, щоб в подальшому вибрати один з них для виконання даної роботи.

Перший варіант це хмарний сервіс RADICAL [38] рис. 2.1, який було засновано для розробки найпотужнішої в світі технології комп'ютерного зору, зосередженої на виявленні та реконструкції 3D-руху людини з 2D-контенту. Щоб досягти цього, даний сервіс використовує комп'ютерний зір,

глибоке навчання та антропометрію. Дана система постійно вчиться і постійно вдосконалюється. Мета розробників даного сервісу – застосування технології в мобільних, веб та корпоративних середовищах, безперешкодно впроваджуючи 3D-анімацію у фільмах, телебаченні, мистецтві, іграх, AR/VR, а також у промислових і медичних додатках.

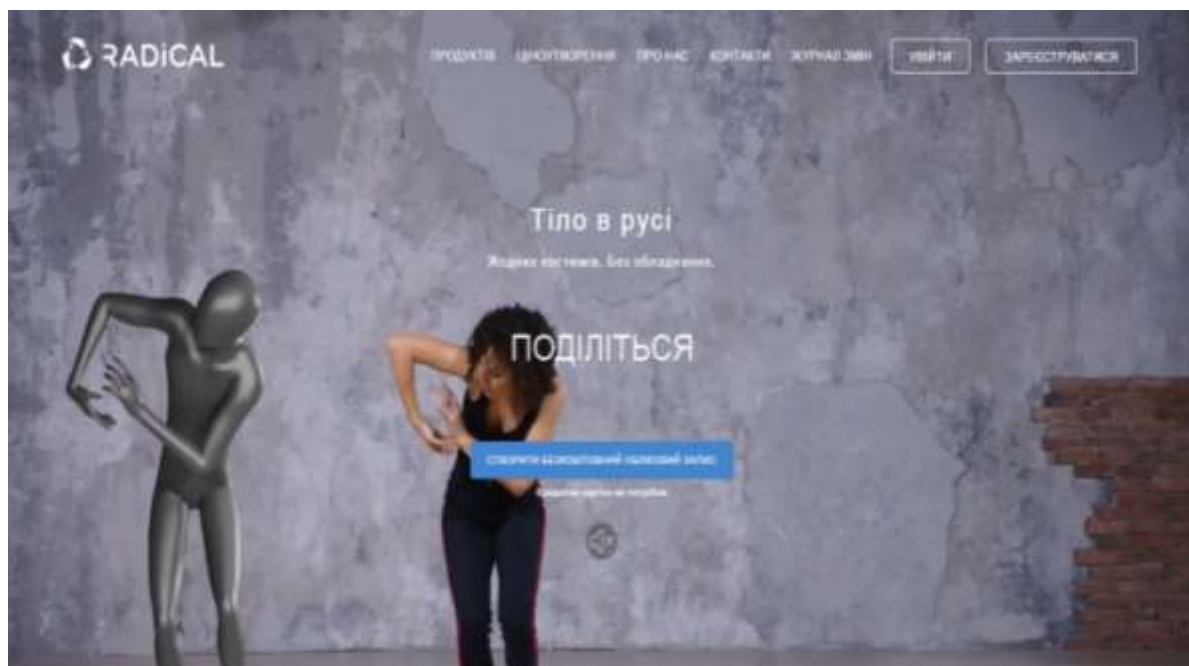


Рисунок 2.1 – Хмарний сервіс “RADICAL”

Даний сервіс досить точно відтворює рухи і швидко видає результат, але він є платним і деякий функціонал, такий як завантаження файлу з вже опрацьованою анімацією, не доступний в пробній версії

Наступний розглянутий сервіс DEERMOTION [39] рис. 2.2, який з 2014 року є одним із лідерів у сфері Motion Intelligence і прагне оживити ваших цифрових персонажів за допомогою розумніших технологій руху. Над даним сервісом працює команда ветеранів галузі з десятиліттям досвіду таких компаній, як Blizzard, Pixar, Disney, ROBLOX, Microsoft, Crystal Dynamics та Ubisoft.

Крім створення анімації шляхом аналізу зображень, сервіс надає можливість відслідковувати положення тіла в реальному часі, а також



дозволяє використовувати отримані дані для управління аватаром в VR проектах.



Рисунок 2.2 – Хмарний сервіс “DEERMOTION”

У даному сервісі є можливість безплатно створювати анімацію шляхом аналізу зображень, хоч і є ліміти на довжину анімації та розмір файлу, проте для використання цього сервісу не тільки для створення анімації, а також для VR чи відслідковування в реальному часі, потрібно буде придбати підписку.

Далі розглянемо програму MocapForAll [40] рис. 2.3, над якою працює невелика команда розробників. Програма крім створення анімації надає можливість проводити захоплення рухів в реальному часі, а також використовувати отримані дані для управління аватаром в VR проектах. Дана програма має досить багато налаштувань для покращення, а також є можливість одночасно підключити декілька камер для захоплення руху, проте потребує їх попереднього калібрування, а ще в своїй безплатній версії дозволяє проводити захоплення руху уривками по 10 секунд.

Наступна програма це ThreeDPoseTracker [41] рис. 2.4, створена одним розробником і спочатку була просто плагіном для ігрового двигуна Unity. Дана програма є безплатним аналогом вище розглянутої MocapForAll і має

вже не так багато можливостей по налаштуванню, а також не підтримує підключення декількох камер одночасно, проте не потребує калібрування.



Рисунок 2.3 – Інтерфейс програми МосарForAll

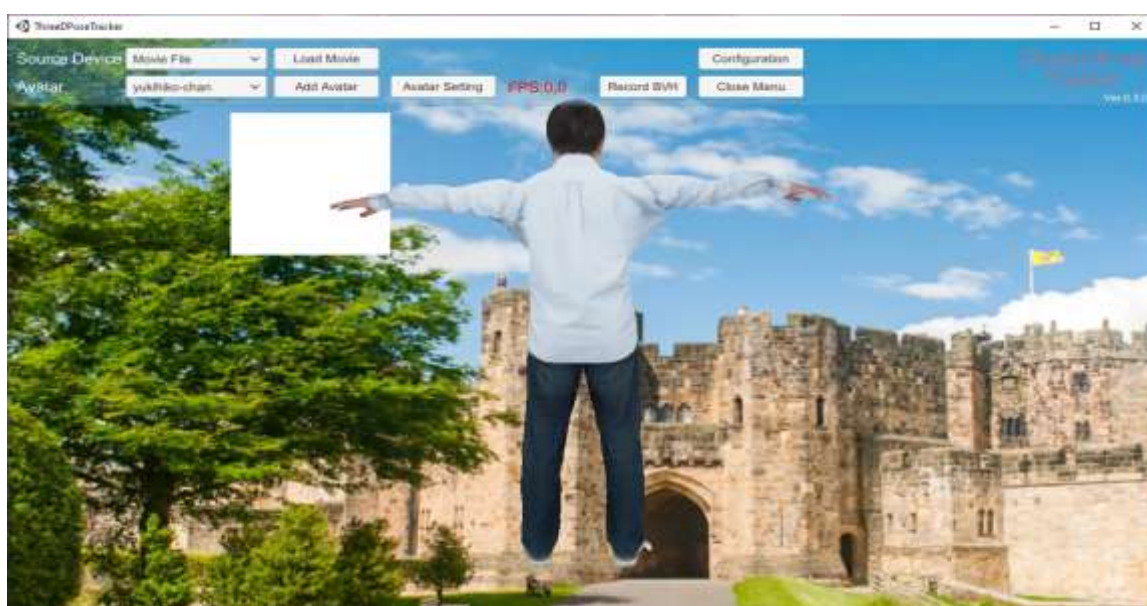


Рисунок 2.4 – Інтерфейс програми ThreeDPoseTracker

Отже, розглянувши дані варіанти можна приступити до вибору. Серед розглянутих варіантів виділяються хмарний сервіс DEERMOTION та програма ThreeDPoseTracker, адже для рядового користувача, який не знайомий з технологією захоплення рухів, найважливішим буде доступність,

а оскільки дані продукти надають досить багато свого функціоналу безкоштовно, то вони як найкраще підходять для знайомства з даною технологією. Оскільки серед даних продуктів є як хмарний сервіс так і звичайна програма для персональних комп'ютерів, то непогано було б розглянути процес створення анімації в обох варіантах, адже процес трохи відрізняється.

## 2.2 Вибір робочого матеріалу

Для початку процесу створення анімації нам потрібен буде матеріал для опрацювання. Для цього, скориставшись мережею інтернет, знайдемо матеріал, який відповідає певним вимогам таким як:

- Хороша зчитуваність силуету людини
- Достатня освітленість
- Наявність лише однієї людини в кадрі
- Відсутність надто вільного верхнього одягу, який може ускладнити процес

Провівши деякі пошуки, знайдено відео, на якому чоловік в спортивній одязі на білому фоні крокує у напрямку камери.



Рисунок 2.5 – Кадр з першого відео фрагменту

Також окрім знайденого в інтернеті відео, для того щоб довести доступність даної технології, використовуючи звичайний смартфон записано на камеру вже власний відеоряд, на якому виконувалися прості рухи руками (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Кадр з другого відео фрагменту

Тепер перейдемо до вибору комп'ютерної програми-редактора.

## **2.3 Порівняльний аналіз відомих редакторів**

### **2.3.1 Редактор Blender**

Завдяки існуванню даної програми можна переконатись, що “безкоштовне” не є синонімом до слова “погане”. Редактор поєднує в собі величезну кількість інструментів для моделювання, скульптингу, анімації, симуляції об'ємних ефектів тощо. При цьому всьому редактор є безкоштовним. Редактор продовжує активно розвиватися і практично ні в

чому не поступається комерційним аналогам. В даного редактора відкритий вихідний код. Тому будь-хто бажаючий може долучитися до його удосконалення. Досить велика кількість інструментів, які присутні в цій програмі, були додані абсолютно різними людьми, які додали їх, тому що це потрібно було для вирішення їхніх конкретних задач [42].

Напевно головною перевагою даного редактора є кросплатформність. Blender прекрасно та стабільно запускається та працює як на платформі Linux, так і на платформі Windows. Також дана програма може вісно непогано працювати навіть на комп'ютерах із досить слабкими апаратними конфігураціями.

Редактор є універсальним рішенням для тих, хто одночасно займається різними напрямками в комп'ютерній графіці, оскільки включає великий арсенал засобів для моделювання, анімації та вирішення інших задач. Наприклад у Blender можна оперувати великою кількістю частинок, з яких складаються графічні текстури, використовувати допоміжні напрямні при анімації.

Також в програмі передбачено можливість здійснювати імітацію рідини, вогню та диму, що відкриває перед користувачем величезні можливості по створенню спецефектів. Редактор має в своєму розпорядженні засоби для здійснення імітації фізичної поведінки різних об'єктів, поведінку яких можна контролювати шляхом зміни величезної кількості параметрів.

### **2.3.2 Редактор 3DS MAX**

Ця програма завоювала досить велику популярність в нашій країні, і досить відчутно цьому посприяло те, що редактор Autodesk має досить хороши інструментарій для архітектурної візуалізації. У 3ds Max можна створити модель споруди, пропрацювати вигляд приміщень чи оточуючої споруди ділянки місцевості, тим самим продемонструвавши замовнику результат, який він зможе отримати в майбутньому [43].

У 3ds Max включено досить багато спеціалізованих інструментів, необхідних для створення архітектурних проектів, а також наявна потужна бібліотека із попередньо підготовленими моделями дверей, вікон, сходів, огорож та багатьох інших архітектурних елементів. На додачу до всього цього, в даному 3D-редакторі можна досить детально налаштовувати освітленість у проекті. Також у програмі наявний досить хороший фотореалістичний візуалізатор, який допомагає створювати зображення із високим ступенем реалістичності.

Редактор 3ds Max попри складний на перший погляд інтерфейс досить легко піддається вивченню. А якщо користувачеві для роботи буде не вистачити якогось специфічного інструменту, то його можна з легкістю відшукати серед досить об'ємної бібліотеки плагінів, які суттєво розширюють стандартні можливості програми. Наприклад, за допомогою таких плагінів можна додати можливість створення реалістичних вибухів або додаткові інструменти для моделювання води і природних ландшафтів. Крім того, користувач завжди може обрати альтернативний візуалізатор, якщо йому не підходить вбудований.

### **2.3.3 Редактори SculptrisAlpha та ZBrush**

На відміну від інших тривимірних редакторів в Sculptris [44] і Zbrush [45] процес створення моделей представляє собою “ліплення цифрової глини”. Суть даного способу створення моделей в тому, що 3D-художник за допомогою спеціальних інструментів формує поверхню об'єкту, втискаючи або витягаючи окремі ділянки. Такий спосіб моделювання дуже нагадує створення глиняних скульптур за тим винятком, що глина не реальна, а цифрова. Даний метод досить давно використовується в індустрії, оскільки досить добре підходить для створення персонажів або інших органічних речей. За допомогою даного методу було створено образ відомого лиходія з фільму «Пірати Карибського моря» на ім'я Дейві Джонс. Цей

персонаж є по суті комбінацією моделі, зробленої з використанням технології тривимірного ліплення та реального відео [46]. Між іншим, саме завдяки появі у стрічці цього персонажа творці фільму здобули престижну премію «Оскар» за найкращі візуальні ефекти.

Спочатку редактор Sculptris проектувався як самостійний безкоштовний додаток. Проте згодом даний продукт став досить швидкими темпами розвиватись і набирати популярність. Це змусило звернути увагу на нього розробників програми для тривимірного ліплення ZBrush, які представляють компанію Pixologic. Після переговорів із розробником-ентузіастом компанії Pixologic вдалося домовитися з автором Sculptris. Як результат, програма була включена до ZBrush, а сам автор приєднався до штату її розробників.

Редактор Sculptris абсолютно непотрібний тим, хто вже володіє значно потужнішим пакетом ZBrush. Так як його функції просто дублюють ряд інструментів ZBrush, якими найчастіше користуються автори у своїх роботах. Тому напевно, що безкоштовна версія Sculptris, так і залишиться у замороженому стані. Але, наприклад, якщо необхідно вирішити задачу по швидкому створенню певного персонажа або будь-чого органічного та не надто складне, то Sculptris цілком може підійти для цього.

Важливо зауважити, що редактор Sculptris підтримує імпорт та експорт моделей у популярному форматі \*.obj. Скажімо, можна перенести раніше створений об'єкт із 3ds Max або Maya та доопрацьовувати його. Незважаючи на спрощений у порівнянні із редактором ZBrush інструментарій, можливостей редактора Sculptris цілком вистачить для вирішення багатьох відносно нескладних задач а також задач середнього рівня складності.

### **2.3.4 Редактор CINEMA 4D**

Декілька років тому цей тривимірний редактор був значно менш популярнішим, ніж Maya або 3ds Max. Однак на сьогоднішній час все

помінялось і дана програма вже нічим суттєво не поступається своїм конкурентам [47].

Програмісти з компанії Maxon Computer змогли вдало потрапити у ще не зайняту іншими ринкову нішу. Через те, що майже всі професійні програми, які були орієнтовані на створення ігор та фільмів, були досить дорогими і не всі могли собі їх дозволити. А цінова політика Cinema 4D була досить гнучкою, що досить сильно приваблювало професіоналів в області 3D, які не хотіли переплачувати за редактори, які були не настільки кращі в плані функціоналу та продуктивності.

Набір інструментальних засобів редактора постійно вдосконалювався та розширювався і на сьогоднішній день в цьому редакторі є досить багато різноманітних інструментів. В актуальній версії Cinema 4D можна знайти все, що потрібно для створення анімації, роботи з частинками, потужну систему візуалізації та, звичайно, зручні інструменти моделювання. В останніх версіях Cinema 4D було суттєво перероблено алгоритми візуалізації. Також в програмі є досить багато параметрів для налаштування різних ефектів, таких як: глобальне освітлення, каустика та підповерхневе розсіювання світла, яке можна спостерігати, наприклад, під час просвічування потужним ліхтарем скрізь вуха людини.

### **2.3.5 Редактор Maya**

Свого часу даний редактор довго конкурував з іншим досить популярним на ринку тривимірного ПЗ редактором 3ds Max. Та трохи пізніше корпорація Autodesk, яка володіє 3ds Max, вирішила придбати компанію AliasWavefront, яка займалася розробкою Maya. Від тоді дана програма продається під їхнім брендом. Серед професійних 3D-художників цей програмний пакет користується досить високою популярністю та навіть встиг стати стандартом індустрії. Даний редактор зараз використовується в



такими великими і солідним студіями, як: Dreamworks, Pixar, WaltDisney, та інші.

Редактор поєднує в собі всі необхідні інструменти для створення тривимірної графіки. Maya дозволяє займатися великою кількістю задач, які належать до різних напрямів в комп'ютерній графіці, починаючи від моделювання та анімації та закінчуючи текстуруванням і композитингом. Цей тривимірний редактор може моделювати поведінку різноманітних твердих і м'яких тіл, тканини, імітувати ефекти текучості рідин, дозволяє детально налаштовувати зачіску персонажів, створювати ефекти сухого та мокрого хутра, анімувати волосся тощо. Особливістю програми є модуль PaintEffects, що дозволяє користувачеві намалювати такі складні тривимірні об'єкти, як: квіти, трава, різноманітні об'ємні візерунки тощо. Програма є складною у вивченні. Але це компенсується за рахунок наявності в мережі Інтернет великої кількості навчальних матеріалів. Крім того, фахівці визначають, що редактор Maya є дуже зручним в роботі. [48]

Розглянувши доступні варіанти, ми зупинили свій вибір на програмі Blender 3D, оскільки вона надає досить багато потрібних нам можливостей для анімації, при цьому будучи повністю безкоштовною. Так як нам потрібно анімувати модель якомога доступним для звичайного користувача методом, то використання безплатного програмного забезпечення є найкращим варіантом.

## **2.4 Висновки до другого розділу**

У даному розділі розглянуто різне програмне забезпечення для захоплення руху. Серед даного програмного забезпечення розглянуто як програми для персональних комп'ютерів так і хмарні сервіси. Також визначено можливості, які надає кожне середовище для створення анімації за допомогою захоплення руху, їх переваги та недоліки в порівнянні з іншими середовищами.

Ще у даному розділі обрано відеоматеріал, який буде використовуватися для створення анімації одним з методів технології захоплення рухів. Обраний матеріал перевірено на відповідність певним вимогам, які отримані з інформації про обмеження в обраних середовищах.

Також для подальшого застосування анімації та корегування анімації, яку ми будемо створювати у наступному розділі, розглянуто різні редактори, щоб виявити, який з них має широкий арсенал інструментів для роботи з анімацією, при цьому залишаючись не складним у вивченні та достатньо доступним.

## 3 СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ АНІМАЦІЇ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

### 3.1 Створення анімації за допомогою хмарного сервісу

Спочатку розглянемо процес створення анімації, використовуючи хмарний сервіс. Для цього попередньо зареєструвавшись, зайдемо в свій особистий кабінет рис. 3.1.

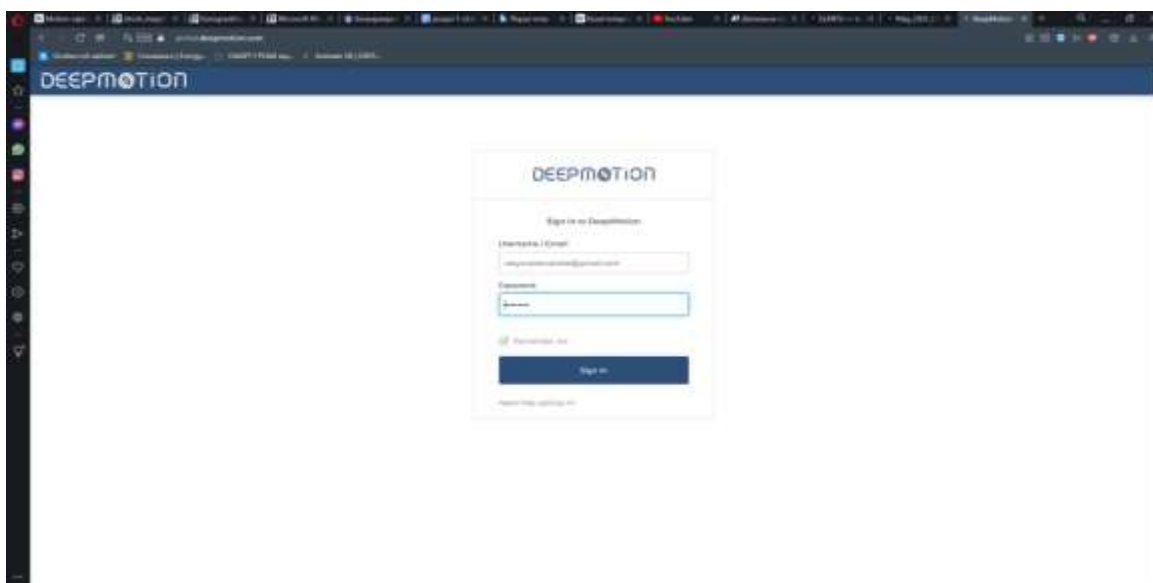


Рисунок 3.1 – Сторінка для входу в особистий кабінет

Далі серед пунктів меню ми можемо побачити вибір потрібної нам функції рис.3.2. На даному рисунку ми бачимо, що всі функції, крім однієї, недоступні, адже потребують платної підписки, проте для нас це не важливо, адже ми будемо користуватися єдиною доступною функцією для анімації персонажа.

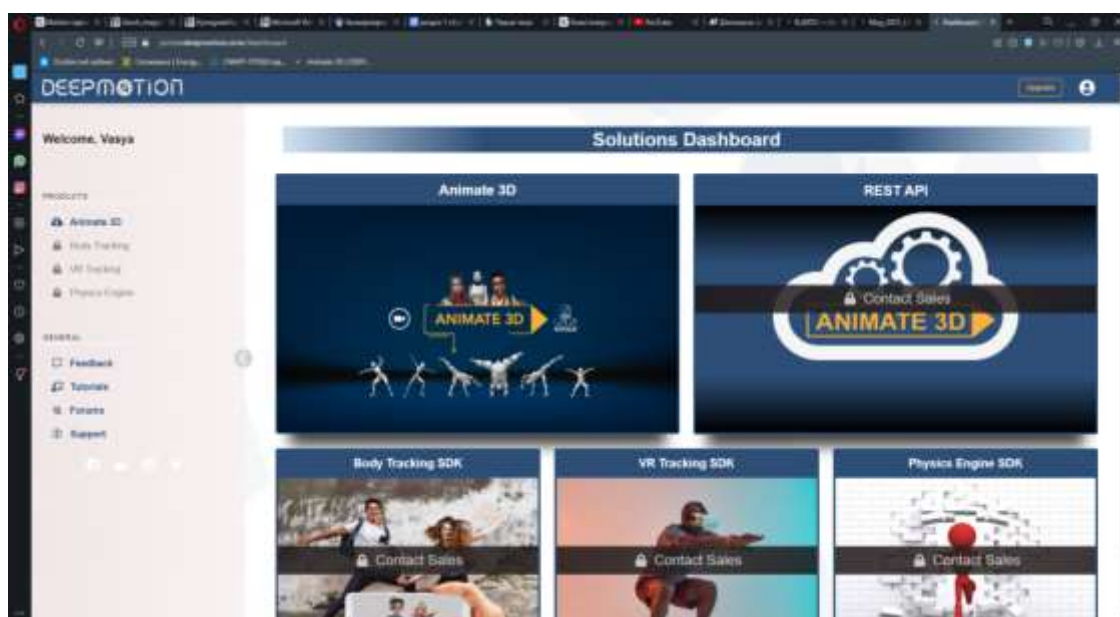


Рисунок 3.2 – Інтерфейс сервісу

Вибравши потрібний пункт меню, ми можемо переглянути інформацію про те, скільки часу залишилося для використання у пробному періоді, також скільки моделей можна завантажити та деякі пункти меню, в яких можна переглянути свої попередні створенні анімації рис.3.3.



Рисунок 3.3 – Інформація про доступні ресурси

Натиснувши на кнопку «Створити», ми попадаємо в меню, де можемо обрати відеоролик, який хочемо опрацювати для створення анімації, а також зробити деякі налаштування рис.3.4.

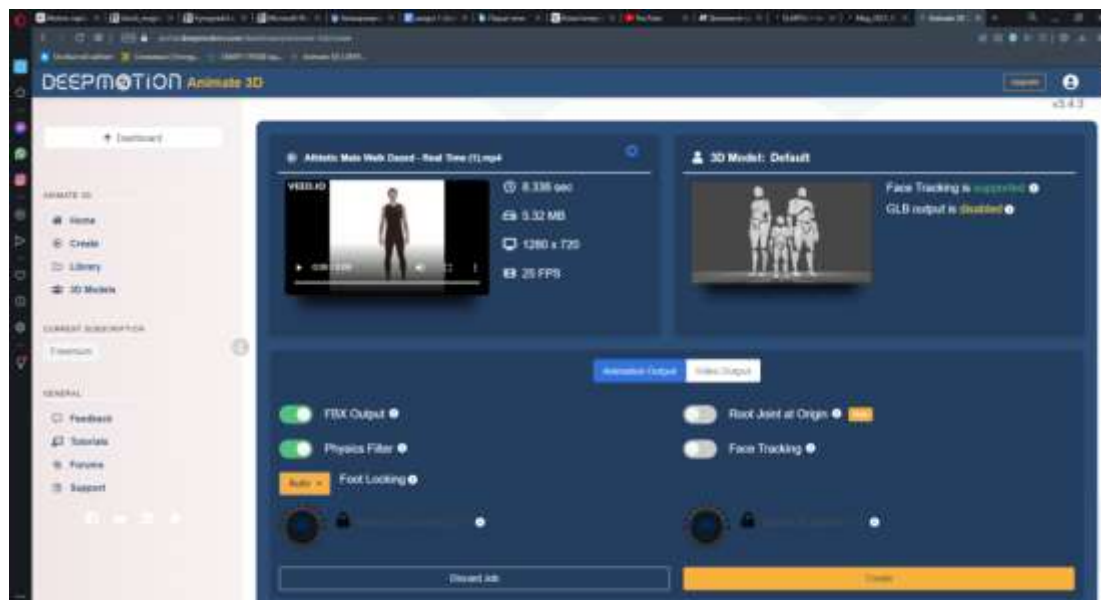


Рисунок 3.4 – Завантаження відео

Як тільки сервіс отримує матеріал, в ньому відбувається процес розпізнавання силуету людини і її кінцівок за допомогою технології комп'ютерного зору. Це робиться для того, щоб можна було визначити ключові точки, які необхідні, щоб відтворити положення кожної кінцівки у просторі. Наступним кроком після того, як всі точки розпізнано, формується скелет, на який в подальшому і запишеться анімація. Після того, як анімація буде записана, відбувається додаткова обробка анімації спеціально розробленими для цього алгоритмами, щоб прибрати дефекти та згладити саму анімацію. Пізніше даний сервіс адаптує дану анімацію до обраної моделі або, якщо модель не було обрано, то сервіс вибере варіант установлений по замовчуванню.

Після того як сервіс опрацює завантажений нами відеоряд, ми зможемо знайти результат в одному з пунктів меню, який називається бібліотека. Тут

ми зможемо виконувати різні дії над вже завершеними проектами, наприклад, завантажити готовий файл з анімацією рис.3.5.



Рисунок 3.5 – Список завершених проектів

В кінці ми отримаємо файл з готовою анімацією, який зможемо відкрити у будь-якому 3D редакторі, який підтримує формат .fbx [49]. В нашому випадку обрано Blender, тож відкриємо отриманий файл в ньому.

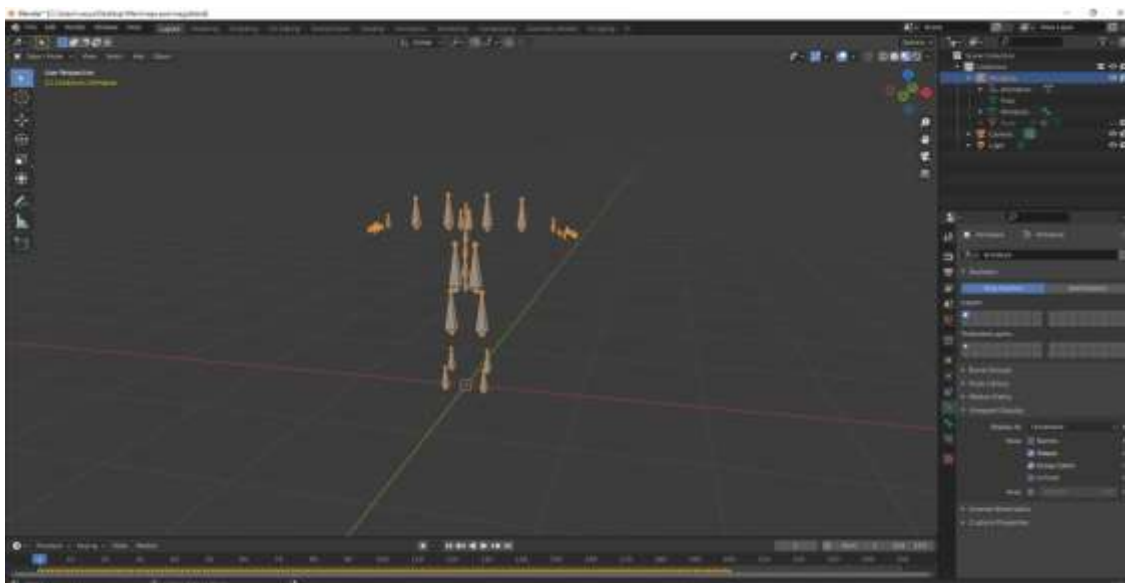


Рисунок 3.6 – Отриманий анімований скелет

В отриманому за допомогою хмарного сервісу файлі знаходиться так званий анімований скелет із застосованою до нього анімацією, а також даний сервіс надає ще й саму модель у вигляді манекена.



Рисунок 3.7 – Отримана модель

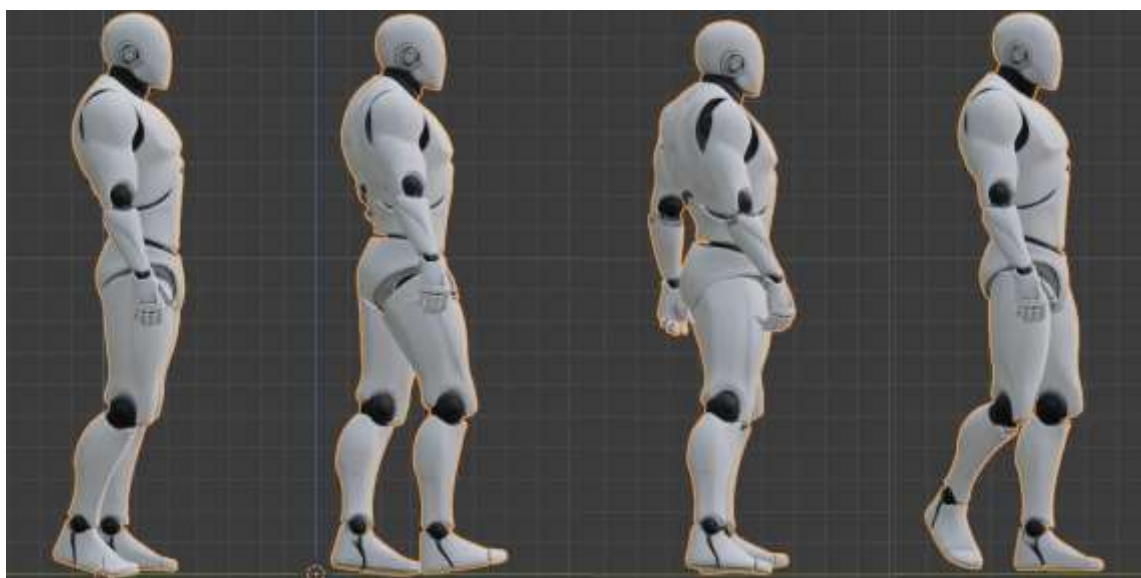


Рисунок 3.8 – Застосована до персонажа анімація

Дана модель вже є повністю підготовленою і ніяких подальших дій виконувати не потрібно



### 3.2 Створення анімації за допомогою комп'ютерного редактора

Після створення анімації більш простим способом, за допомогою хмарного сервісу, перейдемо до трохи складнішого, а саме створимо анімацію, використовуючи програму ThreeDPoseTracker. Після запуску програми ми можемо побачити модель її розробника в стартовій позі, а також елементи меню, серед яких є пункт для завантаження відео для опрацювання, також є пункт, в якому можна вибрати підключену до комп'ютера камеру та опрацьовувати отримувані з неї зображення в реальному часі.



Рисунок 3.9 – Вікно програми

Оскільки ми вже попередньо підготували відеоматеріал, то, використовуючи відповідний пункт у меню, завантажемо його для подальшої обробки. Після завантаження відео відображається на задньому фоні та у невеликій області у кутку екрану. Це потрібно для того, щоб можна було порівнювати анімацію, яка отримується в процесі із вхідним матеріалом.

При запуску процесу захоплення, програма деякий час пробує за допомогою своїх алгоритмів визначити позу, у якій знаходиться актор на



відео, після чого починає повторювати її. Відтворення не завжди збігається з відеорядом на фоні, тому для кращого результату необхідно буде перейти в налаштування і відрегулювати деякі параметри захоплення руху для отримання кращого результату.



Рисунок 3.10 – Процес створення анімації

Після того, коли ми відрегулювали необхідні параметри і якість анімації почала нас влаштовувати, можна натиснути на клавішу «Запису» та зберегти потрібний фрагмент анімації на комп'ютері. Як результат ми отримуємо файл в форматі .bvh [50], який містить в собі скелет моделі та власне саму анімацію. На відміну від попереднього сервісу дана програма не дає вже готової моделі, тому для подальшої анімації модель обрано серед тих, що є в вільному доступі в інтернеті. Вибрана модель є звичайним наближеним анатомічним відтворенням зовнішнього вигляду чоловіка, а також складається з порівняно невеликої кількості полігонів, щоб добитись потрібної швидкодії при анімації.

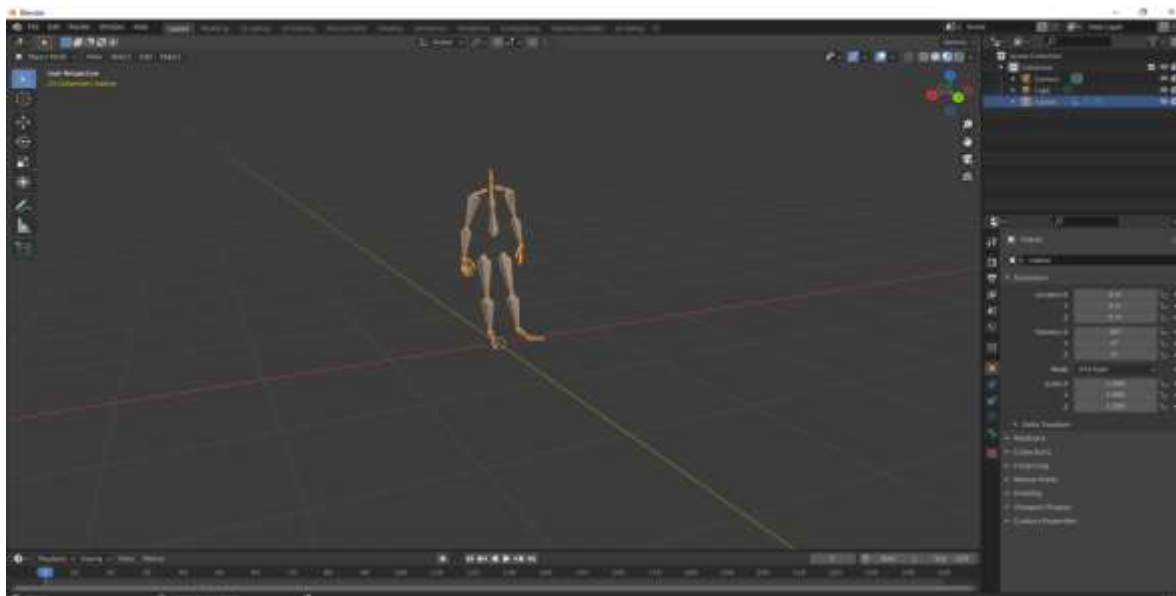


Рисунок 3.11 – Отриманий анімований скелет

Оскільки знайдена в інтернеті модель для своєї подальшої анімації потребує подальшої підготовки, то перед самим процесом анімації потрібно ще виконати деякі дії. Обрану модель потрібно поставити у позу, яка відповідає стартовій позі анімованого скелета. Далі потрібно, використовуючи метод фарбовування ваги, вказати, які зони моделі, які кістки скелету зможуть деформувати. [51]



Рисунок 3.12 – Вибрана модель

В основному даний метод використовується для такелажних сіток, де групи вершин використовуються для визначення відносного впливу кісток на сітку.

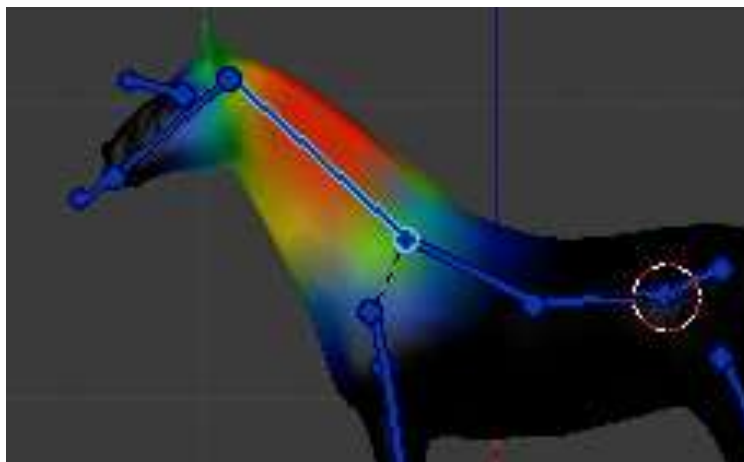


Рисунок 3.13– Група вершин у режимі фарбування ваги

Перейшовши в режим зафарбовування ваги, вибраний об'єкт відображається злегка затіненим спектром кольорів веселки. Колір візуалізує ваги, які належать кожній активній вершині. Вага візуалізується градієнтом із використанням холодної/гарячої системи кольорів, так що області з низьким значенням (з вагами, близькими до 0,0) відображаються як синій (холодний), а області з високим значенням (з вагою, близьким до 1,0) відображаються червоним (гаряче) рис. 2.24. І всі проміжні значення відображаються у вигляді кольорів веселки (синій, зелений, жовтий, оранжевий, червоний).



Рисунок 3.14 – Спектр кольорів та їх відповідні ваги

Після того, як ваги визначені, достатньо лише запустити саму анімацію і якщо все зроблено правильно, то модель повинна повторювати рухи за анімованим скелетом.

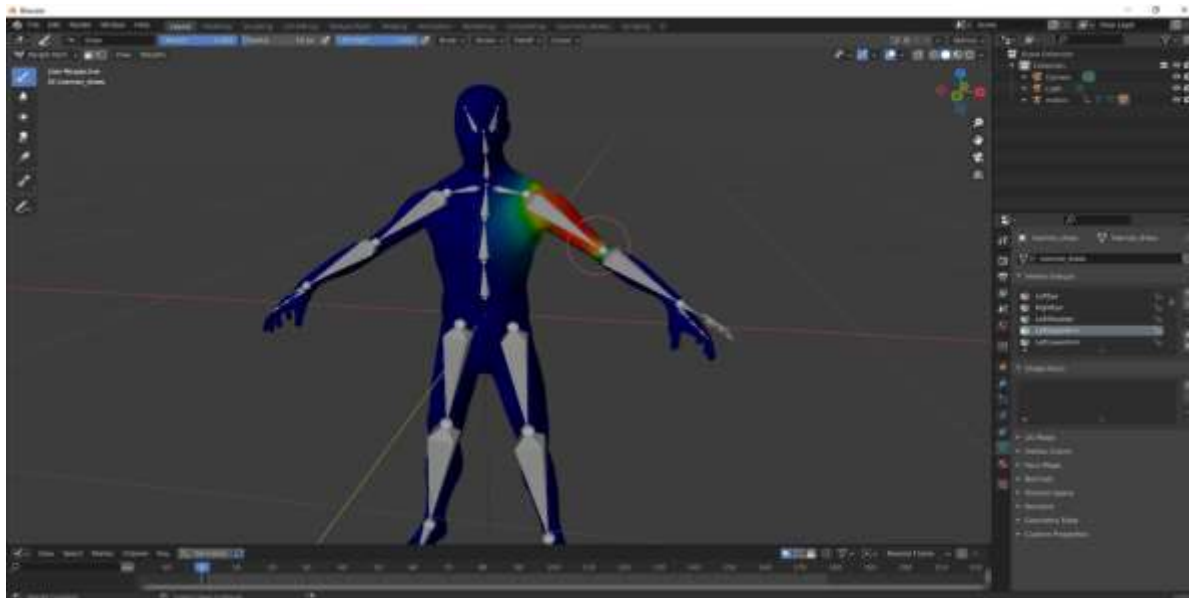


Рисунок 3.15 – Фарбування вагою

Тепер, після всіх цих операцій, ми отримали анімацію, створену за допомогою технології захоплення рухів.

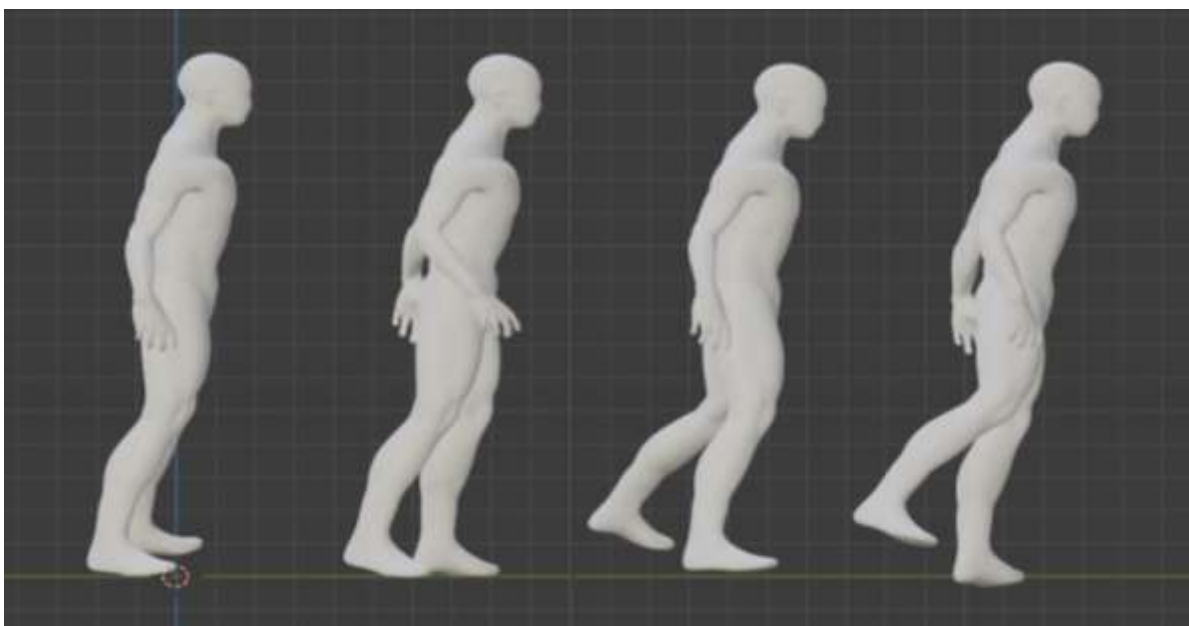


Рисунок 3.16 – Отримана анімація

Дана анімація вийшла трохи гіршої якості, ніж отримана хмарним сервісом, який ми використовували перед цим, але це пов'язано з тим, що хмарний сервіс окрім безпосередньо самого проведення захоплення руху, також проводить обробку анімації різними алгоритмами, які використовують для своєї роботи, деякі розрахунки пов'язані із фізикою. Залишилось лише провести дані процедури ще із іншим відеорядом записаним на камеру.

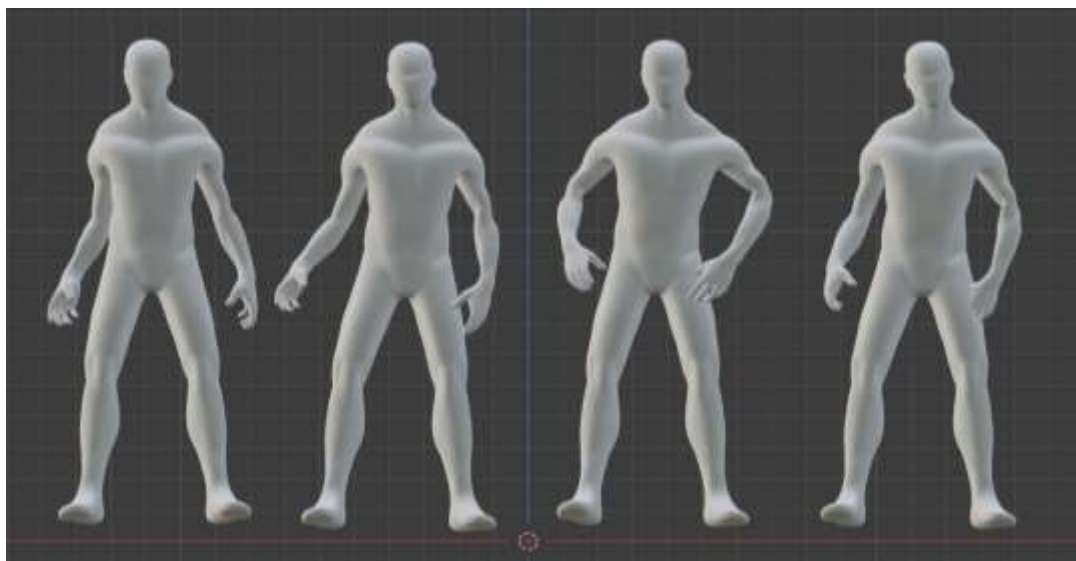


Рисунок 3.17 – Анімація, отримана опрацюванням матеріалу з камери

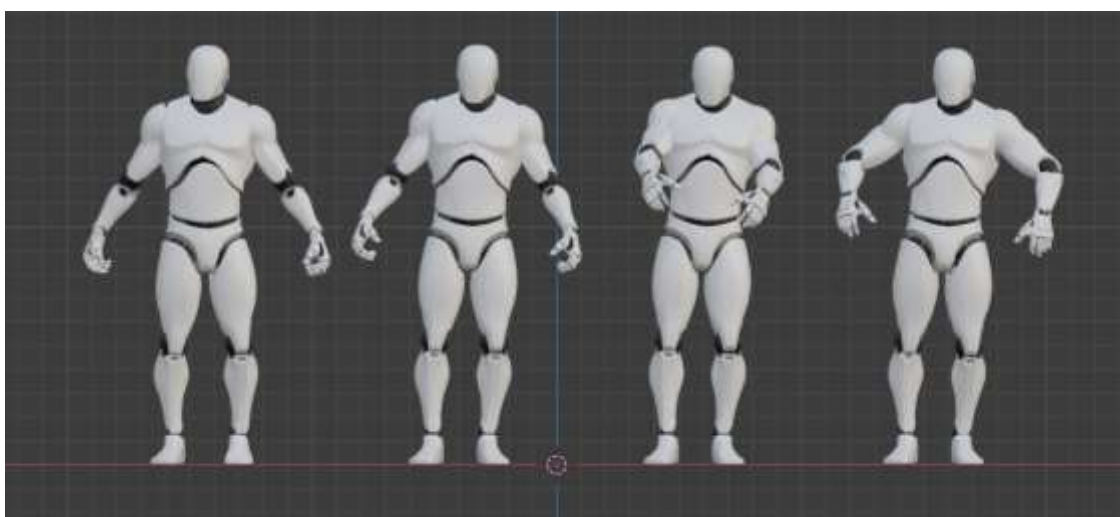


Рисунок 3.18 – Анімація№2, отримана опрацювання матеріалу з камери

В результаті ми отримали по дві готові анімації, створені завдяки хмарному сервісу та програмі для кожного підбраного відеоматеріалу.

### **3.3 Аналіз отриманих результатів**

Розглянувши отримані результати, можна побачити, що анімація, створена програмою, вийшла трохи гіршої якості, ніж отримана хмарним сервісом, який ми використовували перед цим. Це може бути пов'язано з тим, що хмарний сервіс, окрім безпосередньо самого проведення захоплення руху також проводить обробку анімації різними алгоритмами, які використовують для своєї роботи деякі розрахунки пов'язані із фізикою.

Помітно, що дана технологія створення цієї анімації потребує деякого доопрацювання, так як з сьогоdnішнім рівнем розвитку даної технології можливе лише створення простої анімації. Для більш комплексної анімації потрібно буде використовувати спеціальні костюми або системи з багатьма камерами, щоб мати можливість проводити аналіз з різних ракурсів, в іншому випадку буде неможливим правильно розпізнати всі рухи і створити якісну анімацію. Для того, щоб не використовувати складні системи, потрібно покращити дану технологію.

Для покращення технології потрібно удосконалити алгоритми розпізнавання, щоб вони краще могли розпізнавати швидші рухи, а також використовувати натреновану на великій кількості даних нейронну мережу, щоб вона допомагала допрацьовувати отримані після захоплення рухів анімації, усуваючи проблеми з тим, що деякі частини тіла неправильно розпізнались, через те що не було можливості повністю зафіксувати на камеру всі ключові точки даної кінцівки.

### 3.4 Висновки до третього розділу

В даному розділі представлено процес створення анімації для 3D персонажа, використовуючи технологію захоплення рухів. Для проведення цієї роботи обрано такий тип систем захоплення рухів, як оптичні, а саме одну різновидність даного типу оснований на аналізі зображень отриманих з камери за допомогою технології комп'ютерного зору. Для створення анімації обрано два способи, за допомогою хмарного сервісу та за допомогою програмного забезпечення для персональних комп'ютерів. Це зроблено для того, щоб оцінити наскільки сильно відрізняється процес створення анімації для персонажа та її якість в одному і другому випадку.

В результаті виконання роботи отримано декілька готових анімацій, отриманих за допомогою різних середовищ, які можна використовувати в створенні різних проектів, наприклад фільмів чи комп'ютерних ігор. А також, проаналізувавши результати, визначено переваги та недоліки використання даної технології. Як ми можемо бачити з отриманих результатів дана технологія ще потребує доопрацювання, адже вона не завжди спроможна правильно розпізнавати рухи, особливо, якщо вони надто швидкі, а також не досить добре опрацьовує рухи, в яких деякі частини тіла час від часу заходять за спину, де вони не фіксуються на камеру.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Освітлення та мікрокліматичні умови праці на робочому місці**

Оскільки, тема кваліфікаційної передбачає використання електронно-обчислювальної (комп'ютерної) техніки, то важливим є дотримання норм організації робочого місця, забезпечення комфортних та зручних умов праці осіб, які беруть участь у процесі, а це вимагає дослідження та дотримання вимог з охорони праці і техніки безпеки.

#### **4.1.1 Вимоги охорони праці при виконанні робіт на персональному комп'ютері**

Робочі місця офісних працівників, обладнані персональними комп'ютерами, повинні відповідати вимогам «Правил охорони праці під час експлуатації електронно – обчислювальних машин», затверджених Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 року №65 та «Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно – обчислювальних машин», затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10.12.1998 року №7 (ДСанПіН 3.3.2-007-98). Правила поширюються на всіх суб'єктів господарювання незалежно від форм власності, які у своїй діяльності здійснюють роботу, пов'язану з персональними комп'ютерами, у тому числі на тих, які мають робочі місця, обладнані персональними комп'ютерами і периферійними пристроями [52].

Вимоги щодо розміщення і планування приміщень для роботи з комп'ютером:

Робочі місця, обладнані персональними комп'ютерами, заборонено облаштовувати у підвальних або цокольних приміщеннях будівель. При



обладнанні приміщень забороняється використання полімерних матеріалів, що виділяють шкідливі хімічні речовини.

Також слід приділити увагу забезпеченню достатнім для здійснення роботи рівнем освітлення (природного та штучного – у темну пору доби) та звукоізоляції. Для регуляції рівня освітлення природним світлом бажано застосовувати жалюзі. Окрім того, у приміщеннях, де здійснюється робота з комп'ютерами, щодня має здійснюватися вологе прибирання з метою недопущення запиленості підлоги та меблів.

Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця операторів (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), мають бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками з метою недопущення потрапляння людини під напругу [52].

Особливої уваги заслуговують заходи дотримання протипожежної безпеки. Так, у всьому офісі лінії електромережі мають бути захищені від виникнення короткого замикання, а також від перепадів мережевої напруги, що може спричинити збої в роботі електронно–обчислювальної техніки. Приміщення (окрім тих, де розташовуються сервери) мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації та вогнегасниками. Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, застосовувати негорючу ізоляцію.

У приміщенні, де одночасно експлуатуються понад п'ять комп'ютерів, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

#### 4.1.2 Вимоги щодо організації та обладнання робочих місць

Площа, відведена на одне робоче місце має становити не менше 6 кв.м., а об'єм – не менше 20 куб.м. Конструкція робочого місця повинна забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози, тобто такої, яка дозволяє працівникові виконувати роботу з мінімальним напруженням тіла, і яка дозволяє уникнути перевтоми в ході і після закінчення робочого процесу. Рациональна робоча поза має важливе значення для збереження здоров'я працівника, оскільки тривале перебування його в незручній і напруженій позі може призвести до таких захворювань, як сколіоз (викривлення хребта), варикозне розширення вен, плоскостопість тощо. Установлено, що робота в зігнутому положенні збільшує затрати енергії на 20%, а при значному нахиленні – на 45% порівняно з прямим положенням корпусу [53].

За потреби особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5 – 2 м.

Робочі місця слід розташовувати відносно джерела природного світла (вікон) таким чином, щоб світло падало збоку, переважно зліва. Також робоче місце має відповідати сучасним вимогам ергономіки [52]:

- стіл повинен мати висоту поверхні 680 – 800 мм, ширину 600 – 1400 мм і глибину 800 – 1000 мм. Такі параметри забезпечують можливість виконання операцій в зоні досяжності працівника;
- робочий стілець має бути підйомно – поворотним, з можливістю регулювання висоти, бажано зі стаціонарними або змінними підлікотниками і напівм'якою нековзкою поверхнею сидіння, що легко чиститься і не електризується;
- екран комп'ютера має розташовуватися на оптимальній відстані від користувача, що становить 600 – 700 мм, але не менше 600 мм з урахуванням літерно – цифрових знаків і символів;

- відстань між бічними поверхнями персональних комп'ютерів повинна бути не менше 1,2 метри;
- відстань від тильної поверхні одного персонального комп'ютера до екрана іншого – 2,5 метри.
- персональний комп'ютер та його комплектуючі (монітор та інші периферійні пристрої) не повинні потрапляти під прямі промені сонячного світла та під дію інших джерел тепла (батареї опалення та інші прилади для обігріву приміщень).

#### **4.1.3 Вимоги безпеки під час роботи з комп'ютером**

Щодня перед початком роботи оператор повинен [54]:

- оглянути своє робоче місце: про виявлення ознак пошкодження обладнання інформувати свого безпосереднього керівника;
- відрегулювати освітленість на робочому місці, переконатися в відсутності відблисків на екрані комп'ютера, відсутності зустрічного світла;
- перевірити правильність підключення обладнання ЕОМ до електромережі;
- очистити екран комп'ютера від пилу та інших забруднень;
- перевірити правильність організації робочого місця й за необхідності провести відповідні коригування.

Оператор під час роботи зобов'язаний:

- виконувати тільки ту роботу, яку йому було доручено;
- підтримувати порядок і чистоту на робочому місці;
- тримати відкритими всі вентиляційні отвори обладнання;
- коректно закрити всі активні завдання у разі припинення роботи з комп'ютером;
- негайно відключити комп'ютером від електричної мережі у разі виникнення аварійної ситуації.

## **4.2 Фактори ризику і можливі порушення здоров'я користувачів комп'ютерів**

### **4.2.1 Структура системи БЖД**

Поняття «життєдіяльність» стосується тільки людини. Людина живе і працює в безпосередньому зв'язку з навколишнім середовищем. Життєдіяльність (ЖД) – це складна фізіологічна система, яка має назву «система ЖД».

Система ЖД складається із взаємопов'язаних елементів: життя, діяльності людини, навколишнього середовища, – і має підтримувати комфортне та безпечне існування людини, забезпечити сталий розвиток людства.

Розглянемо характеристики елементів системи ЖД.

Життя – це форма існування матерії, яка характеризується обміном речовин, здатністю до розмноження і розвитку, вмінням пристосовуватись до навколишнього середовища.

Людина – вища форма розвитку живої матерії, і її існування – дуже складний процес, що не тільки підтримує її фізіологічний стан, але й задовольняє духовні потреби. Крім того, на життя людини суттєво впливають умови проживання та праці, медичний догляд і багато інших факторів, що виникають завдяки діяльності самих людей.

Діяльність – це специфічна форма ставлення людей до навколишнього середовища та одне до одного, яка має задовольняти потреби та інтереси людини. Це соціальна категорія, нерозривно зв'язана із суспільством. Тільки завдяки діяльності людини створено всі блага, які має людство.

Основні види діяльності такі:

- виробнича;
- наукова;
- мистецька;
- освітня.

Однією із специфічних форм діяльності людини є праця – перша й основна умова існування людини (людства).

Праця – цілеспрямована діяльність людини, у процесі якої вона впливає на природу і використовує її з метою виробництва матеріальних та інших благ, необхідних для задоволення своїх потреб.

Навколишнє середовище (довкілля) або середовище існування – це все, що оточує людину впродовж її життя. Навколишнє середовище, у свою чергу, поділяють на такі види:

- природне середовище;
- штучне середовище.

Природне середовище (біосфера) – це частина Землі і простору навколо неї, де зосереджено все живе.

На ЖД людей найбільше впливає частина біосфери від поверхні Землі вглиб на 15–20 км і до висоти 20–22 км, де починається озоновий шар. Природне середовище є джерелом природних ресурсів для існування людини: повітря, води, деревини, корисних копалин, ґрунту та ін.

Штучне середовище – це складова довкілля, створена людством за тривалий час його існування. Штучне середовище умовно можна поділити на два види:

- виробниче середовище;
- побутове середовище.

Виробничим називають середовище, в якому людина реалізує свою трудову діяльність (підприємства, установи, навчальні заклади тощо).

Побутовим є середовище, де люди мешкають або проводять вільний час. Воно охоплює сукупність житлових будинків, комунально-побутових об'єктів, місця відпочинку та ін.

Організм людини може нормально функціонувати тільки тоді, коли умови (параметри) зовнішнього середовища відповідають оптимальним. Якщо умови середовища змінюються, стають несприятливими, то на протидію їм організм людини включає спеціальні механізми, які зберігають

постійність параметрів внутрішнього середовища (всередині організму) чи змінюють їх у межах допустимого.

Можливість функціонування організму в середовищі, параметри якого постійно змінюються, забезпечується завдяки механізму, який називають адаптацією.

Адаптація (лат. *adapto* – пристосування) – динамічний процес пристосування організму до мінливих умов зовнішнього середовища, який спостерігається в будь-якому виді діяльності щоразу, коли виникають значні зміни в системі «людина – середовище». Адаптація може бути фізіологічною, психологічною, соціальною.

Отже, для функціонування системи ЖД середовище має обов'язково відповідати природним параметрам. Відхилення можливі в межах допустимого, коли організм людини здатний адаптуватися, захистити себе, підтримувати існування. Усе, що існує за цими межами, становить загрозу життю, тому виникає потреба захисту ЖД людей. Отже, безпека – важлива складова системи ЖД.

#### **4.2.2 Небезпечні й шкідливі фактори при виконанні робіт за комп'ютером**

Оскільки тема кваліфікаційної роботи передбачає використання різнотипової комп'ютерної техніки, то з метою забезпечення комфортних, зручних та безпечних умов праці громадян важливим є дотримання Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями затверджених Наказом № 207 від 14.02.2018 р. Міністерства соціальної політики України. Це, в свою чергу, вимагає дослідження небезпечних та шкідливих факторів при виконанні робіт за комп'ютером. Згідно Інструкції з безпеки життєдіяльності під час робіт на персональному комп'ютері і відеодисплейних терміналах № 31947 основні небезпечні і

шкідливі виробничі фактори, що можуть впливати на оператора (користувача) ЕОМ:

- Фізичні. Зокрема, підвищений рівень електромагнітного випромінювання, підвищений рівень рентгенівського випромінювання, підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання, підвищений рівень інфрачервоного випромінювання, підвищений рівень статичної електрики, підвищений рівень запиленість повітря робочої зони, підвищений зміст позитивних аероіонів у повітрі робочої зони, знижений вміст негативних аероіонів у повітрі робочої зони, знижена чи підвищена вологість повітря робочої зони, знижена чи підвищена рухомість повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці (від вентиляторів, процесорів, аудіоплат, принтерів), підвищений чи знижений рівень освітленості, підвищений рівень прямої і відбитої блискісті, підвищений рівень засліпленості, нерівномірність розподілу яскравості в поле зору, підвищена яскравість світлового зображення, підвищений рівень пульсації світлового потоку та ураження електричним струмом.

- Психофізіологічні. А саме: напруга зору, напруга уваги, інтелектуальні навантаження, емоційні навантаження, тривалі статичні навантаження, монотонність праці, великий обсяг інформації, оброблюваної в одиницю часу та нераціональна організація робочого місця.

- Біологічні, спричинені підвищеним вмістом у повітрі робочої зони мікроорганізмів.

До основних шкідливих факторів при роботі з комп'ютерною технікою відносять: тривале сидяче положення тіла людини, підвищене електромагнітне випромінювання, суттєве навантаження на органи зору, перевантаження суглобів кистей рук, підвищена можливість захворювань органів дихання, алергічні реакції, порушення нормального перебігу вагітності тощо. Тривале сидяче положення тіла людини, як правило призводить до підвищеної напруги м'язів шиї, голови, рук і плечей та, як

наслідок, остеохондрозу. У дітей та підлітків зазначений перелік факторів може спричиняти сколіоз.

Тривале сидіння та завмирання в одній позі приводить до застою крові в органах тазу, що, в свою чергу спричиняє виникнення простатиту та геморою. Внаслідок порушення міжхребцевих дисків виникає остеохондроз. Наслідки можуть бути доволі різноманітними, зокрема болі в спині та кінцівках, що в результаті може привести до паралічу кінцівок та смерті. Поширеною причиною остеохондрозу є дистрофія м'язів спини внаслідок малорухливого способу професійної діяльності. Серед типових ознак початку захворювання присутні дискомфорт та больові відчуття у спині, головні болі та порушення роботи внутрішніх органів. В свою чергу серед факторів, що підвищують ризик захворювання гемороєм є сидячий спосіб життя, надмірна вага, запальні захворювання малого таза.

Збільшене навантаження на органи зору спричиняє збільшення їх чутливості на вібрації тексту, зображень і мерехтіння екрану. Постійна напруга м'язів ока призводить до втрати гостроти зору. Важливими для профілактики зорових дисфункцій є коректний підбір кольорів, шрифтів, компоновки вікон у використовуваних застосунках, орієнтація відеодисплейних терміналів. Тривала робота за комп'ютером супроводжується великим навантаженням на органи зору та неминуче приводить до погіршення зору користувача, підвищеного слезовиділення, головного болю, втоми, роздвоєння і спотворення зображень. Перевантаження суглобів кистей рук здебільшого приводить до синдрому зап'ястного каналу.

### **4.3 Висновки до четвертого розділу**

В розділі опрацьовано наступні питання: вимоги охорони праці при виконанні робіт на персональному комп'ютері, вимоги щодо організації та обладнання робочих місць, вимоги безпеки під час роботи з комп'ютером,



структура системи БЖД, небезпечні й шкідливі фактори при роботі за комп'ютером.

## ВИСНОВКИ

Метою даної роботи було створення комп'ютерної анімації для персонажів на основі технології захоплення руху. Для цього в роботі наведено поняття комп'ютерної анімації а також описано основи технології захоплення рухів. Також розглянуто різні типи систем захоплення руху: механічні, магнітні, інерційні та оптичні. Наведено переваги кожної з них а також їхні недоліки та особливості використання в різних умовах. Особливу увагу приділено маркерному типу, який базується на технології комп'ютерного зору та дозволяє створювати анімацію лише на основі зображення з камери.

Також у роботі представлено процес створення анімації для 3D персонажа на основі технології захоплення рухів. Для цього використано хмарний сервіс DEERMOTION та програмне забезпечення ThreeDPoseTracker.

Аналіз отриманих результатів показав, що використаний тип технології захоплення руху потребує деякого доопрацювання. Для більш комплексної анімації необхідно використовувати інші типи систем, які потребують спеціальних костюмів, або системи з багатьма камерами. В іншому випадку буде неможливим правильно розпізнати всі рухи і створити якісну анімацію.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано: вимоги охорони праці при виконанні робіт на персональному комп'ютері, вимоги щодо організації та обладнання робочих місць, вимоги безпеки під час роботи з комп'ютером, особливості міжнародного тероризму, структуру системи БЖД, елементи теорії, що відповідають моделі безпеки життєдіяльності.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Комп'ютерна анімація [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Комп%27ютерна\\_анімація](https://uk.wikipedia.org/wiki/Комп%27ютерна_анімація)
2. Дослідження різних технологій захоплення руху, що використовуються в ігровій індустрії [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/20646/1/Conf\\_C4\\_Виноградча.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/20646/1/Conf_C4_Виноградча.pdf)
3. Реалізм [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Реалізм>
4. Стилізація [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Стилізація>
5. Final Fantasy [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: XV [https://uk.wikipedia.org/wiki/Final\\_Fantasy\\_XV](https://uk.wikipedia.org/wiki/Final_Fantasy_XV)
6. Суперсімейка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Суперсімейка>
7. Моторошна долина [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Моторошна\\_долина](https://uk.wikipedia.org/wiki/Моторошна_долина)
8. Masahiro Mori (roboticist) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Masahiro\\_Mori\\_\(roboticist\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Masahiro_Mori_(roboticist))
9. US patent 1242674, Max Fleischer, "Method of producing moving-picture cartoons", issued 1917-10-09.
10. Захоплення руху [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Захоплення\\_руху](https://uk.wikipedia.org/wiki/Захоплення_руху)
11. Ergonomic Models of Anthropometry, Human Biomechanics and Operator-Equipment Interfaces: Proceedings of a Workshop, 1988.
12. Екзоскелет (біоніка) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Екзоскелет\\_\(біоніка\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Екзоскелет_(біоніка))

13. Система захоплення руху Gypsy [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://metamotion.com/gypsy/gypsy-motion-capture-system-mosap.htm>.
14. Motion capture system of magnetic markers using three-axial magnetic field sensor / [S. Yabukami, H. Kikuchi, M. Yamaguchi та ін.]. // IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 36, NO. 5. – 2000. – С. 3646–3648, DOI: 10.1109/20.908928. 96
15. MOLDENHAUER, J., BOESNACH, I., BETH, T., WANK, V. and BOS, K., [Apr. 2005], Analysis of Human Motion for Humanoid Robots. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation. DOI 10.1109/robot.2005.1570137. IEEE.
16. Інерціальна навігація [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Інерціальна\\_навігація](https://uk.wikipedia.org/wiki/Інерціальна_навігація)
17. D. Giansanti, V. Macellari, G. Maccioni, and A. Cappozzo. Is it feasible to reconstruct body segment 3-D position and orientation using accelerometric data? IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 50(4):476–83, 2003.
18. Zhao N. Full-Featured Pedometer Design Realized with 3-Axis Digital Accelerometer / Neil Zhao. // Analog Dialogue. – 2010. – №44. – С. 1–5.
19. Y. Masuda, M. Sekimoto, M. Nambu, Y. Higashi, T. Fujimoto, K. Chihara, and Y. Tamura, “An unconstrained monitoring system for home rehabilitation,” IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, vol. 24, no. 4, pp. 43–47, 2005.
20. D. Vlastic, R. Adelsberger, G. Vannucci, J. Barnwell, M. Gross, W. Matusik, and J. Popovic, “Practical motion capture in everyday ‘ surroundings,” ACM Trans. on Graphics, vol. 26, no. 3, p. 35, 2007.
21. Kinematics Differences Between the Flat, Kick, and Slice Serves Measured Using a Markerless Motion Capture Method, 2011.
22. Комп'ютерний зір [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Комп'ютерний\\_зір](https://uk.wikipedia.org/wiki/Комп'ютерний_зір)

23. VICON [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.vicon.com>.
24. Maletsky L. Accuracy of an optical active-marker system to track the relative motion of rigid bodies / L. Maletsky, J. Sun, N. Morton. // Elsevier BV. – 2007. – С. 682–685. DOI 10.1016/j.jbiomech.2006.01.017.
25. Технология Motion Capture [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://infoglaz.ru/41123-tehnologiya-motion.html>
26. Штучна нейронна мережа [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Штучна\\_нейронна\\_мережа](https://uk.wikipedia.org/wiki/Штучна_нейронна_мережа)
27. Лідар [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Лідар>
28. Kinect Sensor [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh438998.aspx>.
29. Asus Xtion PRO [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.asus.com/3D-Sensor/Xtion\\_PRO/](https://www.asus.com/3D-Sensor/Xtion_PRO/).
30. SoftKinetic and Melexis First to Bring 3D Vision to Automobile Infotainment. Enabling driver monitoring as well as gesture recognition to control media. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.melexis.com/en/news/2014/23062014\\_mlx7502](https://www.melexis.com/en/news/2014/23062014_mlx7502).
31. Оснащення iPi Soft [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ipisoft.com/>
32. Possible Configurations iPi Soft [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://wiki.ipisoft.com>
33. Markerless Motion [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture#Markerless](https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Markerless)
34. Microsoft Kinect [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.open-electronics.org/3d-scanning-with-microsoft-kinect/>
35. How does the Kinect work? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.cs.bham.ac.uk/~vvk201/Teach/Graphics/kinect.pdf>

36. Facial motion capture [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Facial\\_motion\\_capture](https://en.wikipedia.org/wiki/Facial_motion_capture)
37. Mova (camera system) мережа [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mova\\_\(camera\\_system\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Mova_(camera_system))
38. RADICAL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://getrad.co/core-product/>
39. DEERMOTION [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.deepmotion.com/company>
40. MocapForAll Aims To Turn Phones & Webcams Into Full Body Trackers [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uploadvr.com/akiya-research-institute-mocapforall/>
41. ThreeDPoseTracker [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://readme.zkiz.com/?page&id=409>
42. Blender [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Blender>
43. Autodesk 3ds MAX [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_3ds\\_MAX](https://uk.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_MAX)
44. Sculptris [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Sculptris>
45. Zbrush [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Zbrush>
46. Деві Джонс (Пірати Карибського моря) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Деві\\_Джонс\\_\(Пірати\\_Карибського\\_моря\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Деві_Джонс_(Пірати_Карибського_моря))
47. Cinema 4D [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Cinema\\_4D](https://uk.wikipedia.org/wiki/Cinema_4D)
48. Autodesk Maya [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_Maya](https://uk.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Maya)
49. FBX [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/FBX>

50. Biovision Hierarchy [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Biovision\\_Hierarchy](https://en.wikipedia.org/wiki/Biovision_Hierarchy)

51. Weight Paint [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt\\_paint/weight\\_paint/introduction.html](https://docs.blender.org/manual/en/latest/sculpt_paint/weight_paint/introduction.html)

52. Інструкція з охорони праці при роботі на персональному комп'ютері [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uteka.ua/ua/publication/special-24-71-formy-ta-systemy-oplaty-praci-127-instrukciya-po-ohrane-truda-pri-rabote-na-personalnom-kompyutere-obrazec>

53. Вимоги безпеки щодо організації робочих місць [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://buklib.net/books/31185/>

54. Вимоги безпеки під час роботи на ПК [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sites.google.com/site/ohoronapraci44/33-vimogi-bezpeki-pid-casroboti-na-pk>

# ДОДАТКИ



## Тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)  
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет у Кошице (Словаччина)  
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)  
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)  
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)  
Наукове товариство ім. Т.Шевченка

# АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Збірник**  
тез доповідей  
**Том I**

**X Міжнародної науково-практичної  
конференції молодих учених та студентів**  
24-25 листопада 2021 року



УКРАЇНА  
ТЕРНОПІЛЬ – 2021

УДК 004.928

**В. І. Саламандра, В. А. Готович, канд. техн. наук**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

### **ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ СПРОЩЕННЯ АНІМАЦІЇ ПЕРСОНАЖІВ**

**V. I. Salamandra, V. A. Hotovych, Ph.D.**

#### **USE OF COMPUTER VISION TECHNOLOGY TO SIMPLIFY CHARACTER ANIMATION**

На сьогоднішній день актуальними є дослідження, спрямовані на вдосконалення технології комп'ютерної анімації. Зокрема, застосування в даній сфері знайшли засоби та методи комп'ютерного зору як основа безмаркерного підходу до захоплення руху. Даний підхід не вимагає спеціальних давачів чи костюма, достатньо лише декількох камер. Використовуються спеціальні комп'ютерні алгоритми моніторингу та аналізу декількох потоків оптичного вводу. Завдяки цьому є можливим розпізнавання і відстеження руху людей у звичайному одязі, без спеціальних пристосувань на тілі людини. Як результат – захоплення рухів (боротьба, падіння, стрибки тощо) відбувається без ризику пошкодження апаратних модулів системи [1].

Проводиться також дослідження по розробці алгоритмів на основі нейромереж, що дозволяють оцінити положення тіла по отриманому зображенні. Але, як правило, лише двовимірне зображення не достатньо. Необхідно використовувати додаткові камери для оцінки положення об'єкта під різними кутами спостереження.

Виділяють два типи безмаркерних систем за типом використовуваного сенсора: кольорова камера і сенсор-далекомір.

У безмаркерних системах на основі кольорової камери захоплення руху відбувається за допомогою звичайної оптичної камери і персонального комп'ютера. Відповідно, процес захоплення руху включає два етапи: зйомка і розпізнавання об'єктів на отриманому відеоряді. Крім того в момент початку зйомки людина (актор) для захоплення руху повинна прийняти еталонну позу, необхідну для розпізнавання ключових, опорних точок, використовуваних для відстеження. Даний тип систем орієнтований в першу чергу на створення основи для 3D анімації, а не на безконтактне управління.

Другий тип систем безмаркерного захоплення руху базується на аналізі даних з сенсора-далекоміра (одного або декількох). Використання сенсорів-далекомірів дозволяє істотно спростити ряд основних завдань машинного зору, а саме: відсікання заднього фону та сегментація об'єктів на зображенні. Рішення даного типу є менш ресурсоемкими і дозволяють здійснювати захоплення руху в режимі реального часу. Також використання далекомірів скорочує кількість використовуваних камер під час захоплення руху.

Використовуючи безмаркерну систему на основі кольорової камери в дослідженні пропонується створити анімацію для 3D моделі персонажа з метою оцінити наскільки дана технологія спрощує процес анімації.

#### **Література:**

1. Технологія Motion Capture [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://infoglaz.ru/41123-tehnologiya-motion.html>.
2. Motion capture [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture#Markerless](https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Markerless).

14.	<b>Ю.З. Лещини, О.О. Марущак</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ОБЧИСЛЕННЯ ФАЗОВИХ ПАРАМЕТРІВ ФОНОКАРДІОСИГНАЛІВ	102
15.	<b>Ю.З. Лещини, В.Є. Петрусь</b> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ПОБУДОВИ МУЛЬТИКАНАЛЬНОГО СЕРВЕРА В СИСТЕМІ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»	103
16.	<b>А.М. Луцків, А.В.Волощук, Ю.Р.Мельник</b> ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОЗУМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	104
17.	<b>І.А. Ляпандра, В.В. Івахів, В.С. Білоус</b> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ	105
18.	<b>Є. В. Мاستялярчук</b> СИСТЕМИ РОЗВІДКИ КІБЕРЗАГРОЗ У СЬОГОДЕННІ	107
19.	<b>М.В. Оконський, С.А. Лупенко, А.М. Паламар</b> КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ОСНОВІ ІОТ	109
20.	<b>А.Я. Осадца, Є.В. Тиш</b> МЕТОДИ ТА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІ ЗАСОБИ РОЗРОБКИ БЛОКУ КЕРУВАННЯ ТА ІНДИКАЦІЇ ДВОДЗЕРКАЛЬНОЇ АНТЕНИ	110
21.	<b>О.А. Пастух, В.І.Василишин, Х.М.Демида</b> АНАЛІЗ РІВНІВ ЗРІЛОСТІ ВИМОГ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	111
22.	<b>О.А.Пастух, Х.М.Демида, В.І.Василишин</b> ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ ДАНИХ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З БАЗАМИ ДАНИХ І ЗНАНЬ	112
23.	<b>Т.В. Попко, Л.П. Яцишин, І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь</b> ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ІСРАРХІЙ	113
24.	<b>Р. Ремез, Ю. Околіта, Р. Трембач</b> ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ТОРГІВЕЛЬНОГО ЦЕНТРУ	115
25.	<b>Д.В. Романов, Г.М. Осухівська, А.М. Паламар</b> СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЗОВНІШНІМ ОСВІТЛЕННЯМ НА ОСНОВІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ	117
26.	<b>В. І. Саламандра, В. А. Готович</b> ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ СПРОЩЕННЯ АНІМАЦІЇ ПЕРСОНАЖІВ	118
27.	<b>Ю. М.Сеньків</b> ЛЮДСТВО – МАЛА ЧАСТИНА ВЕЛИКОГО ПРОЦЕСУ	119
28.	<b>І.І. Сех, М.Б. Герович, Л.В. Федисів, О.А. Пелешак</b> БАЗИ ДАНИХ АТАК ДЛЯ НАВЧАННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ	121
29.	<b>А.В. Скрєнкович, І.В. Струтинська</b> ВЕБ АНАЛІТИКА – ЕФЕКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ ЦИФРОВОЇ АДАПТАЦІЇ БІЗНЕСУ	123
30.	<b>М. В.Солтис</b> ГНУЧКІ НАВИЧКИ ЯК ВАЖЛИВА ЧАСТИНА ІТ	124
31.	<b>І.В. Струтинська, Р.П. Зозуля</b> РЕОРГАНІЗАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СТАТИСТИКИ – ГАРМОНІЗАЦІЯ ЦИФРОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ З РИНКАМИ ЄС	126

Тези конференції

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

МАТЕРІАЛИ

ІХ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ,  
СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ»**



8–9 грудня 2021 року

ТЕРНОПІЛЬ  
2021

УДК 004.928

**В.І. Саламандра, В.А. Готович, канд. техн. наук**

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## **СТВОРЕННЯ АНІМАЦІЇ ДЛЯ 3D ПЕРСОНАЖА ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХОПЛЕННЯ РУХУ**

UDC 004.928

**V. I. Salamandra, V. A. Hotovych, Ph.D.**

## **CREATING ANIMATION FOR A 3D CHARACTER USING MOTION CAPTURE TECHNOLOGY**

На сьогоднішній день найпоширенішою технологією створення анімації є технологія захоплення рухів. Перевагами її є невеликі затрати часу а також отримання в результаті правдоподібної анімації відносно високої якості [1].

В доповіді пропонуються результати створення анімації для 3D персонажа, отримані за допомогою сучасного хмарного сервісу DEERMOTION. Даний сервіс дозволяє швидко отримати якісну анімацію лише на основі знятого на звичайну камеру відеоролика [2]. В якості вихідного матеріалу обрано відеоролик, на якому чоловік у спортивному одязі йде назустріч камері. Даний матеріал задовольняє всі необхідні для створення таким способом анімації вимоги, а саме:

- 1) висока чіткість та контрастність силуету людини відносно фону;
- 2) достатня освітленість;
- 3) наявність лише однієї рухомої фігури в кадрі;
- 4) відсутність занадто вільного верхнього одягу (може ускладнити задачу).

Робота сервісу DEERMOTION відбувалася на основі застосування нейронної мережі і спеціальних алгоритмів для розпізнавання як силуету людини в цілому так і окремих частин тіла зокрема, а також зміни розташування їх в часі і просторі із подальшим об'єднанням окремих кадрів в суцільну анімацію [3].

Завершальним етапом є доопрацювання анімації в спеціальному редакторі (рис. 1). В даному випадку було використано Blender.



Рисунок 1. Застосована до персонажа анімація

Технологія захоплення рухів придатна лише для створення відносно простої анімації. Для більш комплексної, високоякісної анімації необхідне використання спеціальних костюмів або системи з багатьма камерами для аналізу з різних ракурсів.

### **Література.**

1. Технологія Motion Capture. URL: <http://infoglaz.ru/41123-tehnologiya-motion.html>.
2. DEERMOTION. <https://www.deepmotion.com/company>.
3. Markerless Motion. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture#Markerless](https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Markerless).

<b>А. Товпига, Я. Литвиненко</b> ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У КРИМІНАЛІСТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ПРИ АНАЛІЗІ УСНОГО МОВЛЕННЯ ДИКТОРА ЗА ФІЗИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ	
<b>A.Tovpyha, Ia. Lytvynenko</b> USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN CRIMINAL INVESTIGATIONS IN THE ANALYSIS OF THE SPEAKER'S ORAL SPEECH BY PHYSICAL PARAMETERS	95
<b>С.І. Турчин, І.Р. Козбур</b> РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ПРИМІЩЕННЯ З ФУНКЦІЄЮ ВІДДАЛЕНОГО УПРАВЛІННЯ ТА МОНІТОРИНГУ	
<b>S. Turchin, I. Kozbur</b> DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN AUTOMATED ROOM SECURITY SYSTEM WITH REMOTE CONTROL AND MONITORING FUNCTION	97
<b>І.І. Фомін</b> ЗАХИСТ КАНАЛУ УПРАВЛІННЯ БПЛА ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ	
<b>I.I. Fomin</b> PROTECTION OF UAV CONTROL CHANNEL FROM UNAUTHORIZED ACCESS	99
<b>І. Чихіра, О. Яремко, В. Лигчук, Ю. Шеремет</b> РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРИ ДАКТИЛОСКОПІЇ	
<b>I. Chykhira, O. Yaremko, V. Lytchuk, Yu. Sheremet</b> DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR IMPROVING THE QUALITY OF IDENTIFICATION DURING FINGERPRINTING	100
<b>А. Хом'як</b> АНАЛІЗ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ПРИРОДНОЇ МОВИ	
<b>Andrii Khomiak</b> ANALYSIS OF NEURAL LANGUAGE MODELS	101
<b>Є.І. Цубера</b> АКТИВНА МЕРЕЖЕВА АРХІТЕКТУРА SWITCH WARE	
<b>E. Tsubera</b> THE SWITCHWARE ACTIVE NETWORK ARCHITECTURE	102
<b>Олука Джордж Паул Іфані, Я. Литвиненко</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТА СТВОРЕННЯ ОНЛАЙН-СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СТРАХУВАННЯМ	
<b>Oluka George Paul Ifeanyi, Lytvynenko I.V.</b> RESEARCH AND CREATION OF AN ONLINE INSURANCE MANAGEMENT SYSTEM	103
<b>В.І. Саламандра, В.А. Готович</b> СТВОРЕННЯ АНІМАЦІЇ ДЛЯ 3D ПЕРСОНАЖА ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХОПЛЕННЯ РУХУ	
<b>V. I. Salamandra, V. A. Hotovych</b> CREATING ANIMATION FOR A 3D CHARACTER USING MOTION CAPTURE TECHNOLOGY	105
<b>СЕКЦІЯ 3. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ</b>	