

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ
ІНСТИТУТ»
ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ДИЗАЙНУ

Кафедра комп'ютерних мультимедійних технологій

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
_____ О.А. Бобарчук
«___» _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ “БАКАЛАВР”

Тема: «Комплект відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів»

Виконавець: _____ Денис ОПРОЩЕНКО

Керівник: _____ д.п.н., професор Світлана ЛОБОДА

Нормоконтролер: _____ Світлана ГАЛЬЧЕНКО

КИЇВ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»
Факультет архітектури, будівництва та дизайну
Кафедра комп'ютерних мультимедійних технологій
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія
Освітньо–професійна програма Технології електронних мультимедійних видань

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

О.А. Бобарчук

«_____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Опрошення Дениса Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача вищої освіти в родовому відмінку)

1. Тема роботи «Комплект відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів»
затверджена наказом ректора від «01» травня 2025 р. № 688/ст.
2. Термін виконання роботи: з 19.05.2025 р. по 22.06.2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: попередні версії відеофутажів для інтерактивного стрілецького тренажеру *ePresenter T1*; ілюстративний матеріал; відео матеріали; аудіо матеріали.
4. Зміст пояснювальної записки: Теоретичні засади створення відеофутажів для стрілецьких тренажерів. Аналіз інструментів для підготовки футажів. Підготовка відеоматеріалів для інтерактивних стрілецьких тренажерів
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: презентаційний матеріал, відеофутажів для інтерактивного стрілецького тренажеру.

6. Календарний план–графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Опрацювання вихідних даних та матеріалів	19.05.2025	
2.	Провести аналіз вихідних даних та інформаційних джерел за темою роботи	20.05.2025 – 21.05.2025	
3.	Проаналізувати прототипи відеофутажів, наданих для використання в тренажерах	22.05.2025	
4.	Розробити загальну концепцію оновлення футажів та визначити доцільність використання ШІ	23.05.2025 – 24.05.2025	
5.	Підібрати програмне забезпечення для покращення якості футажів	25.05.2025	
6.	Провести практичну обробку відеофутажів відповідно до визначених етапів	26.05.2025 – 01.06.2025	
7.	Підготувати презентаційний матеріал	02.06.2025 – 03.06.2025	

7. Дата видачі завдання: «19» травня 2025 р.

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис керівника)

Лобода С. М.

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис здобувача вищої освіти)

Опрощенко Д. І.

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до курсового проєкту на тему «Комплект відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів» складає: 66 сторінок, 26 ілюстрацій, 29 використаних джерел, 1 додаток.

Перелік ключових слів та словосполучень:

ВІДЕОФУТАЖІ, СТРІЛЕЦЬКИЙ ТРЕНАЖЕР, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВІДЕО, АЛЬФА–КАНАЛ.

Об'єкт дослідження: технологія створення та обробки відеофутажів.

Предмет дослідження: комплект відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів.

Мета роботи: створення комплекту відеофутажів для інтерактивного стрілецького тренажера.

Методи дослідження: загальнонаукові методи: аналіз наукової літератури; метод порівняльного аналізу; спеціальні наукові методи дослідження: метод проектування для розробки комплекту відеофутажів.

Практичне значення отриманих результатів. Практичне значення роботи полягає у створенні реального комплекту відеофутажів, що може бути інтегрований у діючі або нові тренажерні системи. Запропонована методика підготовки відео дозволяє зменшити витрати часу та ресурсів на виробництво футажів, підвищити їх візуальну якість і забезпечити гнучкість використання в багатосценарних системах навчання.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ВІДЕОФУТАЖІВ ДЛЯ СТРІЛЕЦЬКИХ ТРЕНАЖЕРІВ	11
1.1. Поняття відеофутажів та їх особливості	11
1.2. Призначення відеофутажів	17
1.3. Відеофутажі як частина візуального сценарію тренажера	20
1.4. Особливості створення футажів для інтерактивних тренажерів	23
Висновки до розділу	27
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ФУТАЖІВ	31
2.1. Аналіз програмного забезпечення для підготовки відеофутажів	32
2.2. Використання ШІ для покращення відеофутажів	35
2.3. Ефективність ШІ технологій порівняно з традиційними методами... ..	38
Висновки до розділу	38
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ВІДЕОФУТАЖІВ ДЛЯ ІНТЕРАКТИВНИХ СТРІЛЕЦЬКИХ ТРЕНАЖЕРІВ	40
3.1. Аналіз прототипів	41
3.2. Попередня обробка відеофутажів	44
3.3. Створення альфа-каналу	51
3.4. Пост обробка відеофутажів	54
Висновки до розділу	57
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61
ДОДАТКИ	65

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

- ШІ** – штучний інтелект. Галузь інформатики, що займається створенням алгоритмів та систем, здатних до навчання, прийняття рішень і виконання завдань, які зазвичай потребують людського інтелекту (розпізнавання образів, мова, планування тощо).
- Інтерактивний тренажер** – програмно–апаратна система, яка дозволяє користувачу взаємодіяти з віртуальним середовищем у режимі реального часу, імітуючи дії, що наближені до реальних ситуацій для навчання або тренування.
- Симуляція** – відтворення поведінки об'єкта чи системи у віртуальному середовищі для навчання, аналізу або прогнозування; у контексті тренажерів – це імітація реальної події чи дії, наприклад, бойової ситуації.
- Upscale** – процес підвищення роздільної здатності відео або зображення, зокрема із застосуванням ШІ, для покращення чіткості та придатності до сучасних стандартів візуалізації.
- Таймлайн** – інтерфейс у програмному забезпеченні для відеомонтажу, що відображає послідовність розташування відео–, аудіо– та графічних елементів у часі, дозволяючи редагувати їх у певному порядку.

- Модель ШІ** – алгоритмічна структура (нейронна мережа або інша математична модель), яка навчена на великих наборах даних для виконання певних завдань. Наприклад, окремі моделі можуть бути орієнтовані на шумозаглушення відео, масштабування, стабілізацію тощо.
- VFX** – візуальні ефекти, створені за допомогою цифрових технологій, які доповнюють або змінюють реальні зображення у відео з метою досягнення бажаного художнього чи технічного результату.
- Fps** – показник кількості кадрів, які відображаються або обробляються за одну секунду відео.

ВСТУП

Актуальність дослідження полягає у тому, що у сучасних умовах інтенсифікації військової та професійної підготовки стрімко зростає потреба в ефективних і технологічно розвинених інструментах навчання. Одним із найбільш перспективних напрямів є створення інтерактивних тренажерних систем, які забезпечують моделювання реальних ситуацій з високим рівнем достовірності та залучення користувача до процесу. Відеофутажі – це ключовий компонент таких систем, який визначає ступінь візуального занурення та емоційного впливу на користувача.

У тренажерах стрілецького спрямування відеофутажі відтворюють складні сценарії із залученням акторів, бойових ситуацій і варіативних наслідків дій користувача. Від якості цих відеоматеріалів безпосередньо залежить ефективність симуляцій, а також здатність системи адаптуватися до різних варіантів поведінки користувача. Проте створення таких відео є складним завданням, яке охоплює постановку сцени, технічну зйомку, обробку, монтаж, оптимізацію форматів та багато інших аспектів.

У цій роботі увагу зосереджено не лише на виробництві нових футажів, а й на переосмисленні вже наявних відеоматеріалів, шляхом їх якісного покращення, адаптації та стандартизації. Сучасні інструменти, зокрема технології штучного інтелекту, відкривають нові можливості в обробці відео – збільшення роздільної здатності, шумозаглушення, стабілізація та видалення фону – без потреби у ручній роботі або складному хромакеї.

Проблематика полягає в тому, що на сучасному етапі розвитку інтерактивних технологій одним із ключових викликів залишається створення якісного візуального контенту для симуляційних та тренажерних систем. Зокрема, у сфері стрілецьких тренажерів, де реалізується імітація бойових ситуацій, підвищені вимоги висуваються до реалістичності відеофутажів.

Попри активне використання відеофутажів у наявних тренажерах, більшість з них має низку недоліків: низька роздільна здатність, тремтіння камери, зашумленість, невідповідність до сучасних стандартів кодування або недостатньо коректно сформований альфа–канал. Часто такі відео знімалися без урахування подальшої обробки, що ускладнює їхню адаптацію в тренажерному середовищі.

Ще однією проблемою є трудомісткість ручної обробки футажів. Традиційні методи вимагають значних зусиль. Це сповільнює підготовку матеріалів і підвищує вимоги до кваліфікації фахівців, які їх обробляють. Водночас на ринку вже з'являються інструменти на базі штучного інтелекту, які можуть автоматизувати багато з цих процесів, однак їх використання в практиці створення футажів для тренажерів ще не є поширеним.

Таким чином, актуальною проблемою є не лише підвищення якості відеофутажів, а й оптимізація процесу їхньої підготовки. Необхідно знайти баланс між технічною якістю, гнучкістю у використанні та ефективністю виробництва. Це потребує дослідження існуючих підходів, аналізу прототипів та апробації нових технологій, зокрема інструментів на базі ШІ, у реальних умовах підготовки мультимедійного контенту для тренажерних систем.

Об'єкт дослідження: технологія створення та обробки відеофутажів.

Предмет дослідження: комплект відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів.

Метою кваліфікаційної роботи є створення комплекту відеофутажів для інтерактивного стрілецького тренажера з використанням сучасних методів відеообробки на базі штучного інтелекту.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

1. Здійснити аналіз наявної наукової літератури, щодо призначення і особливості мультимедіа;
2. Проаналізувати структуру та функціонування сучасних стрілецьких тренажерів;

3. Розглянути вимоги до відеоформатів, що застосовуються в інтерактивних системах, зокрема особливості альфа-каналу;

4. Проаналізувати програмне забезпечення для створення та обробки відеофутажів, включаючи інструменти на основі ШІ;

5. Розробити комплект футажів, оптимізованих для використання в інтерактивних стрілецьких тренажерах.

Технічні та програмні засоби: персональний комп'ютер, *Topaz Video AI, Adobe Premiere Pro, VideoConvertor*.

Наукова новизна. Уперше було запропоновано методику підготовки відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів із застосуванням інструментів штучного інтелекту, зокрема для покращення роздільної здатності, стабілізації зображення та шумозаглушення.

Практичне значення отриманих результатів. Практичне значення роботи полягає у створенні реального комплекту відеофутажів, що може бути інтегрований у діючі або нові тренажерні системи. Запропонована методика підготовки відео дозволяє зменшити витрати часу та ресурсів на виробництво футажів, підвищити їх візуальну якість і забезпечити гнучкість використання в багатосценарних системах навчання.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ ВІДЕОФУТАЖІВ ДЛЯ СТРІЛЕЦЬКИХ ТРЕНАЖЕРІВ

Сучасні інтерактивні стрілецькі тренажери стають невід'ємним елементом системи підготовки фахівців у різних галузях, від військових та правоохоронних органів до цивільної самооборони та спортивної стрільби. Вони надають можливість безпечного, контрольованого та економічно ефективного відпрацювання навичок, які в реальних умовах можуть бути небезпечними або надто витратними. Ключовим фактором, що визначає реалістичність та занурення користувача у тренувальний процес, є візуальне середовище тренажера. У багатьох сучасних системах це середовище значною мірою формується за допомогою відеофутажів.

Розділ зосереджений на теоретичних засадах використання відеофутажів в інтерактивних стрілецьких тренажерах. Основна мета – окреслити концептуальні основи технології, простежити її історичний розвиток, визначити вимоги до відео в контексті симуляції та окреслити ключові технічні аспекти їх створення та інтеграції. Розділ послідовно розкриває поняття відеофутажів, їх призначення, роль у побудові візуального сценарію тренажера, особливості виробництва та технічні формати, включаючи підтримку прозорості. Положення, сформульовані у цьому розділі, ляжуть в основу подальшої практичної розробки комплекту відеофутажів.

1.1. Поняття відеофутажів та їх особливості

Термін «відеофутаж» (від англ. *footage*) має історичне походження, яке бере початок у добу плівкового кінематографа. У той період відзнятий матеріал вимірювався у футах: один фут 35-міліметрової плівки містив приблизно 16 кадрів, що відповідало одній секунді відеоряду в німих фільмах. Така система

вимірювання була зручною для монтажу й обліку відзнятого контенту. Згодом, попри перехід до магнітних та цифрових носіїв, назва зберіглася й набула ширшого значення – «футажами» почали називати будь-які відеоматеріали, отримані шляхом зйомки, незалежно від формату чи технології збереження. По суті, футаж – це сирий, необроблений візуальний матеріал, який є вихідною точкою для подальшого монтажу та створення закінченого відеопродукту, будь то фільм, телевізійне шоу чи відеокліп.

Еволюція відеофутажів відображає загальний прогрес у технологіях запису та відтворення рухомого зображення. Початок покладено наприкінці 19 століття з винаходами, що дозволили фіксувати та демонструвати послідовності зображень, створюючи ілюзію руху (наприклад, кінетоскоп та сінематограф). Перші десятиліття кіно були ерою німого кіно, що покладалося виключно на візуальне оповідання. Поява синхронізованого звуку у 1920-х роках («*The Jazz Singer*») та розвиток кольорових процесів (*Technicolor* у 1930-х) додали нові виміри до відеоконтенту. Середина 20 століття ознаменувалася появою телебачення, що стало новим медіумом для відеовиробництва та спричинило появу нових форматів контенту (новини, ситкоми) [1]. Перший запис телевізійного мовлення на відеоплівку відбувся в 1951 році, а комерційні відеомагнітофони з'явилися в 1956 році. 1970-ті та 1980-ті роки принесли аналогові відеокасети (*U-matic*, *Betamax*, *VHS*), що зробило відеовиробництво більш доступним за межами великих студій завдяки появі аматорських відеокамер (*camcorders*). Наприкінці 20 – на початку 21 століття відбулася цифрова революція, яка кардинально змінила галузь. Цифрові камери, цифрові формати запису (*DV*, *DVD*, *HD DVD*, *Blu-ray*) та нелінійний монтаж на комп'ютерах стали стандартом. Цифрове відео запропонувало вищу роздільну здатність, менше шумів та більшу гнучкість у редагуванні, хоча й привнесло нові виклики, пов'язані з артефактами стиснення.

Незважаючи на фундаментальні технологічні зміни, що відбулися від плівки до повністю цифрових робочих процесів, термін «футаж» зберігся і активно використовується професіоналами галузі [2]. Це свідчить про те, що

базова концепція «відзнятого матеріалу» як вихідного візуального ресурсу для подальшої обробки залишається актуальною. Це збереження термінології та концептуальна спадкоємність дозволяє спиратися на усталені принципи роботи з візуальним контентом при розгляді відеофутажів для симуляторів, адаптуючи їх до специфічних вимог інтерактивних систем.

Якість і функціональність відеофутажів безпосередньо залежать від ряду технічних характеристик, які визначають можливість їх використання в інтерактивних стрілецьких тренажерах та інших системах симуляції. До таких характеристик належать: роздільна здатність, частота кадрів, бітрейт, кодек, контейнер і також важливою характеристикою в даному дослідженні є наявність альфа-каналу.

Основні характеристики відеофутажів:

1. Роздільна здатність. Роздільна здатність відео визначає кількість пікселів по горизонталі та вертикалі в кожному кадрі зображення (рис. 1.1, рис. 1.2). Типові формати включають:

- *HD* (1280×720) – базова якість для вебконтенту;
- *Full HD* (1920×1080) – стандарт для більшості сучасних відео;
- *4K* (3840×2160) – високоякісне зображення з великою деталізацією, актуальне для професійного виробництва та візуально складних тренажерів;
- *8K* та вище – використовуються у вузькоспеціалізованих проєктах через високі вимоги до ресурсів.

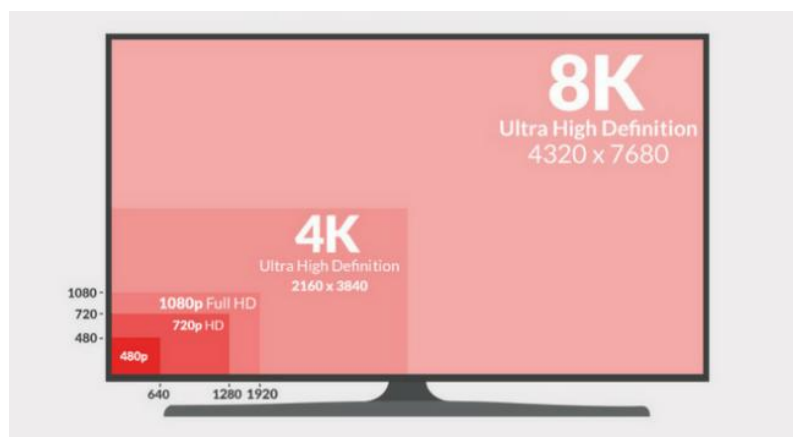


Рис. 1.1. Порівняння роздільної здатності у масштабі [18]

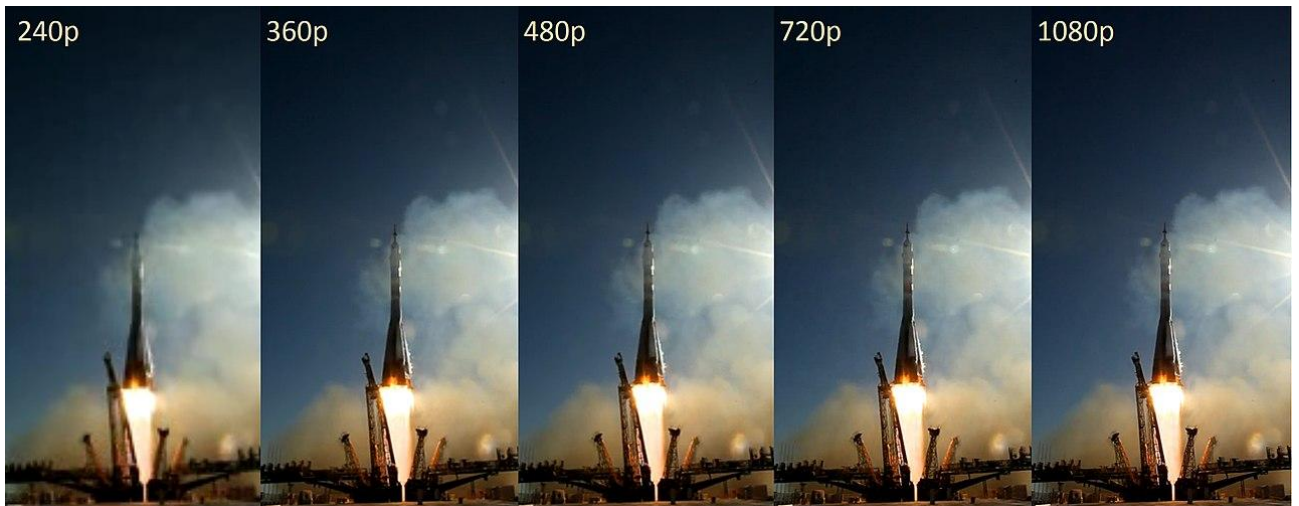


Рис. 1.2. Вплив роздільної здатності на якість зображення [19]

Як можна побачити на рис. 1.2 вища роздільна здатність дає змогу отримати чіткіше зображення, що особливо важливо для футажів, де необхідно передати візуальні деталі, наприклад, зброю, міміку чи навколишнє середовище.

2. Частота кадрів. Цей параметр визначає кількість кадрів, які відображаються за одну секунду. Найпоширеніші частоти кадрів:

- 24 *fps* – кінематографічний стандарт, часто використовується для створення природного руху у фільмах;
- 30 *fps* – типовий для телебачення та більшості цифрових платформ;
- 60 *fps* – забезпечує вищу плавність рухів, особливо актуальну для інтерактивних тренажерів, де потрібна точна візуалізація динаміки.

У симуляційних системах, зокрема стрілецьких тренажерах, висока частота кадрів сприяє кращому сприйняттю рухів.

3. Бітрейт. Визначає обсяг даних, який передається або зберігається за одну секунду відео (вимірюється в *Mbps* – мегабітах за секунду). Від цього параметра залежить баланс між якістю зображення та розміром файлу:

- низький бітрейт (<5 *Mbps*) – прийнятний для стрімінгу або попереднього перегляду;
- середній (5–20 *Mbps*) – достатній для більшості стандартних відеофутажів;

– високий (>20 Mbps) – використовується в професійному відеовиробництві, забезпечує мінімальну втрату якості.

Варто зазначити, що надмірно високий бітрейт не завжди призводить до помітного покращення якості, але значно збільшує вимоги до сховища та обробки даних.

4. Кодек. Це програмний або апаратний алгоритм, що відповідає за стиснення (*compression*) та розпакування (*decompression*) відео. Найбільш уживані кодеки:

– *H.264/AVC* – найбільш розповсюджений, забезпечує високу якість за помірною бітрейту;

– *H.265/HEVC* – сучасніший, ефективніший, але вимагає більше ресурсів при відтворенні;

– *ProRes, DNxHD* – професійні кодеки з мінімальними втратами якості, використовуються в кіно– та телевиробництві.

Правильний вибір кодека критично важливий для забезпечення сумісності з тренажерним ПЗ та збереження якості при подальшій обробці.

5. Контейнер. Це структура, що об'єднує відеопотоки, аудіо, субтитри та метадані в єдиний файл. Основні типи:

– *.mp4* – універсальний і широко підтримуваний формат, що добре працює з кодексами *H.264* і *H.265*, сумісний з більшістю пристроїв і програмного забезпечення. Ідеально підходить для публікації в Інтернеті, на мобільних платформах та у цифрових архівах;

– *.mov* – формат, розроблений *Apple*, часто використовується в професійних середовищах. Підтримує зберігання відео з альфа–каналом, великої глибини кольору та збереження метаданих, що важливо для подальшої обробки;

– *.avi* – один із найстаріших форматів, розроблений *Microsoft*. Його перевага – висока сумісність зі старими програмами та мінімальне стиснення, що може бути корисним при первинному збереженні відео без втрати якості. Проте він має обмежену підтримку сучасних кодеків і часто створює великі файли;

– *.mkv (Matroska Video)* – відкритий контейнер з гнучкою структурою, підтримує кілька звукових доріжок, субтитри в різних форматах, глави, метадані, а також великий вибір кодеків (включно з новітніми). Застосовується в архівах, онлайн–плеєрах і серед поціновувачів високоякісного відео;

– *.webm* – відкритий формат, оптимізований для вебвикористання, базується на кодеках *VP8/VP9* та аудіо *Opus/Vorbis*. Має добре стиснення без суттєвої втрати якості й підтримується сучасними браузером без потреби у сторонніх плагінах.

Контейнер не визначає якість відео безпосередньо, але впливає на сумісність, розширення функціональності та стабільність відтворення.

6. Альфа–канал. Важливою характеристикою для відеофутажів, що використовуються у візуалізації, є наявність альфа–каналу – додаткового каналу прозорості (рис. 1.3). Він дозволяє накладати відео на інші зображення або фони без необхідності хромакейної обробки.

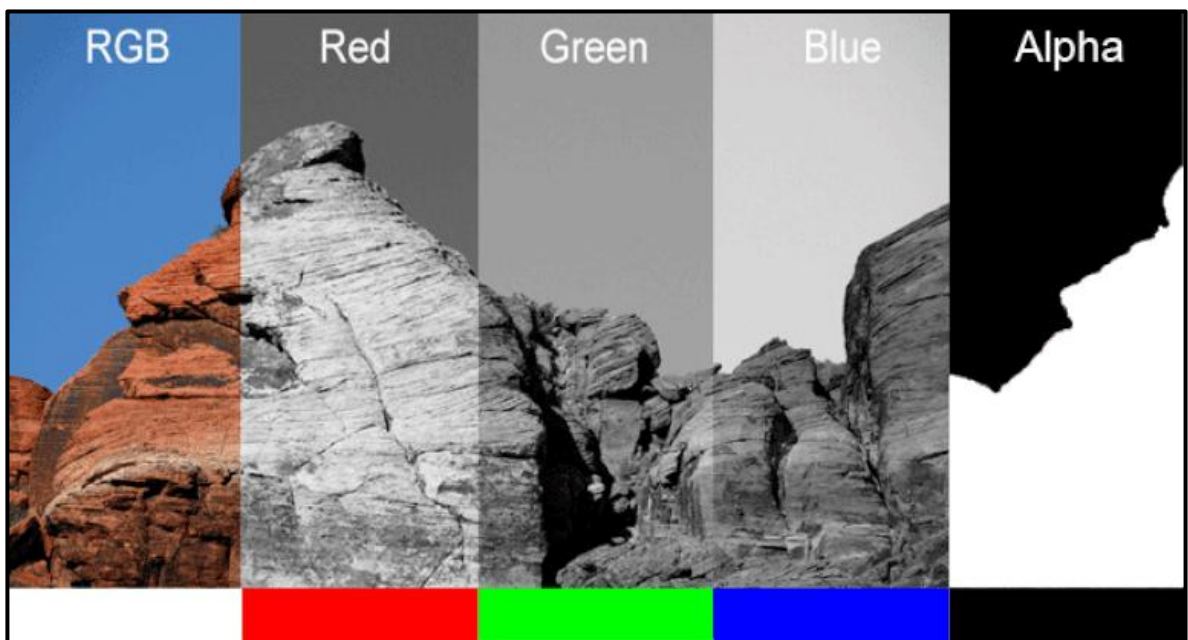


Рис. 1.3. Колірна модель *RGBA* (де *RGB* – це три основні кольори і *A* – альфа–канал) [6]

Не всі існуючі відеоформати та кодеки підтримують альфа–канал. Альфа–канал підтримують формати з кодеками типу *Apple ProRes 4444*, *QuickTime Animation (RLE)*, *VP9 з WebM*, а також файли у форматі *PNG–послідовностей*.

У контексті стрілецьких тренажерів альфа–канал дає змогу створювати футажі зі збереженням прозорого фону – наприклад, персонажів на фоні сцени, яка динамічно змінюється.

Усі перелічені технічні характеристики повинні ретельно враховуватись при створенні або доборі відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів. Від них залежить не лише візуальна якість контенту, а й сумісність з програмним забезпеченням, стабільність відтворення, ефективність обробки та ступінь занурення користувача в симульоване середовище.

1.2. Призначення відеофутажів

Відеофутажі є ключовим елементом сучасного візуального контенту, широко застосовуваним у виробництві фільмів, телепрограм, рекламної продукції, навчальних матеріалів, а також у створенні інтерактивних симуляцій і тренажерів. Їхнє призначення залежить як від контексту використання, так і від технічних параметрів, що дозволяють забезпечити необхідний рівень якості, реалізму та функціональності в межах відповідного проекту.

У сфері кіно– та телевізійного виробництва відеофутажі є основним матеріалом, з якого формуються художні фільми, телешоу, новинні репортажі та музичні кліпи. Зйомка футажів є першим і одним із найважливіших етапів створення відеоконтенту. Саме з необроблених відеофрагментів вибудовується наратив, реалізуються задум режисера або сценариста, створюється естетичний ефект і настрої продукту.

У рекламній та маркетинговій діяльності відеофутажі використовуються для створення динамічних і привабливих відеороликів, здатних ефективно комунікувати з цільовою аудиторією. Відеоконтент дає змогу не лише передати інформацію, а й викликати емоційну реакцію глядача, впливати на споживацьку

поведінку, формувати імідж бренду або підкреслювати переваги товару чи послуги. Особливо поширеним є використання стокових футажів, які дозволяють значно зменшити витрати часу й коштів на виробництво відео, зберігаючи при цьому належний рівень професійності.

В освітній та навчальній сферах відеофутажі виконують роль інструменту візуального навчання, який значно полегшує засвоєння складного матеріалу. Відеоматеріали можуть використовуватися для запису лекцій, демонстрації технічних процедур, онбордингу нових співробітників [7]. Завдяки своїй здатності передавати великі обсяги інформації за короткий проміжок часу, відеоматеріали сприяють підвищенню ефективності освітнього процесу. Крім того, візуальне навчання забезпечує можливість охоплення різних стилів сприйняття – візуального, аудіального, а у випадку демонстрації дій – і кінестетичного.

Особливе місце відеофутажі займають у симуляційних навчальних системах та тренажерах, що імітують реальні ситуації для підготовки фахівців у різних галузях. Медичні симулятори, наприклад, дозволяють відпрацьовувати виконання процедур, реагування на ускладнення, командну взаємодію в умовах обмеженого часу. В авіаційній та військовій підготовці тренажери відтворюють польоти, бойові операції або дії в кризових ситуаціях. Такі системи забезпечують безпечне, контрольоване й повторюване середовище для тренування, що особливо важливо у випадках, коли помилка в реальному житті може мати критичні наслідки.

Відеофутажі мають надзвичайну цінність у стрілецьких тренажерах – мультимедійних системах, призначених для моделювання різноманітних сценаріїв з метою тренування стрілецьких навичок. Тренажери для стрілецької підготовки широко використовуються для навчання персоналу збройних сил, поліції та спортивних стрільців. Використання таких тренажерів дає змогу суттєво зменшити витрати на боєприпаси, скоротити тривалість підготовки стрільця та підвищити якість тренувального процесу [10]. За допомогою футажів створюється реалістичне візуальне середовище (рис. 1.4), яке імітує критичні

ситуації: зупинка автомобіля, конфлікт у приміщенні, терористична загроза, напад у громадському місці тощо. Відео високої якості (*HD*, *4K*) дозволяє забезпечити глибоке занурення в ситуацію, завдяки чому тренування набуває максимально наближеного до реальності характеру.

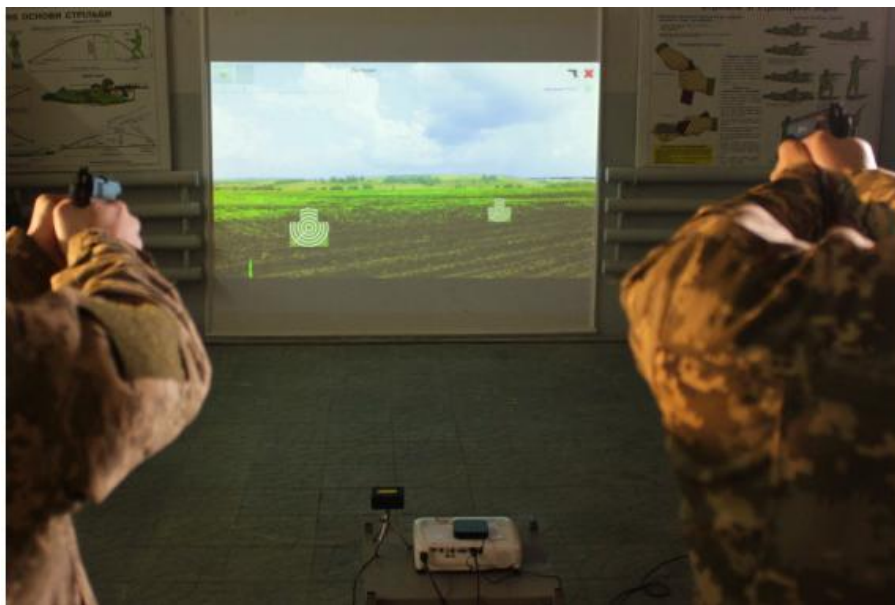


Рис. 1.4. Інтерактивний стрілецький тренажер *ePresenter T1* [20]

Застосування футажів у стрілецьких тренажерах не обмежується лише візуалізацією простору. Вони використовуються також для моделювання сценаріїв прийняття рішень у стресових умовах. Учасники тренування змушені оцінювати ситуацію, визначати наявність загрози, вибрати адекватну реакцію та рівень застосування сили. Таким чином, відеофутажі стають інструментом не лише для фізичної, а й когнітивної підготовки – розвитку спостережливості, критичного мислення, оперативності реагування.

Окрему увагу заслуговує інтеграція відеофутажів у інтерактивні тренажери, де сценарії можуть адаптуватися до дій користувача. На відміну від традиційного підходу, коли відео є лише пасивним елементом навчання, інтерактивні симуляції дозволяють створити середовище з реальним зворотним зв'язком. У таких системах відео реагує на кожен постріл, кожен дію учасника – змінюється хід сценарію, відкриваються нові гілки подій (рис. 1.5). Це вимагає

від авторів футажів розробки розгалужених, динамічних структур, а не лише лінійного відеоряду. Такий підхід дозволяє не просто демонструвати ситуацію, а змусити користувача прожити її, що значно підвищує ефективність навчання.



Рис. 1.5. Один з можливих сценаріїв інтерактивного тренажера (хід подій залежить від того чи встигне стрілець зреагувати на ворога). Адаптовано з [21]

Таким чином, відеофутажі є не просто візуальним матеріалом – вони виступають фундаментальним компонентом сучасних освітніх, комунікаційних та тренувальних систем. Їх правильне використання дозволяє створювати контент, який не тільки інформує чи демонструє, але й формує практичні навички, моделює критичне мислення та забезпечує глибоке залучення глядача або користувача до навчального процесу.

1.3. Відеофутажі як частина візуального сценарію тренажера

Використання відеофутажів в інтерактивних тренажерах не обмежується простим фоновим відтворенням; вони стають невід'ємною частиною

динамічного візуального сценарію. В основі такого підходу лежить концепція інтерактивного відео, де глядач має можливість впливати на розвиток подій, роблячи вибір у певних точках [15]. Це реалізується через розгалужені сценарії, які передбачають множинні шляхи та результати залежно від рішень користувача [16]. Такий підхід перетворює традиційний пасивний перегляд на активне залучення та «проживання» ситуації. Розгалужені сценарії особливо ефективні в навчанні для відпрацювання навичок прийняття рішень, комунікації та вирішення проблем у реалістичних ситуаціях, дозволяючи вчитися на помилках без реальних негативних наслідків.

Архітектура інтерактивних симуляторів, що використовують відеофутажі, зазвичай включає кілька ключових компонентів. Лазерний стрілецький тренажер передбачає використання проектора, проекційного екрану для формування фоноцільової обстановки і фотоприймального модуля, зазвичай, на основі вебкамери. Камера на екрані фіксує точку засвічування від колімованого лазерного модуля, вмонтованого у макет навчальної лазерної зброї. Висока точність позиціонування такої оптомеханічної системи необхідна для побудови тренажерів зі стрілецькою зброєю, які використовують оптичні приціли [17]. Комп'ютерна система, часто представлена потужним ПК або мережею комп'ютерів, відповідає за обробку даних симуляції та керування візуальним контентом. Важливою частиною є система відстеження дій користувача, яка у стрілецьких тренажерах зазвичай включає камери та датчики, що фіксують місце влучання лазерного променя з адаптованої зброї на проекційному екрані. Система зворотного зв'язку може включати звукові ефекти та імітацію віддачі зброї. Відео проектується на екран(и), створюючи візуальне середовище сценарію. Система відстеження фіксує дії стрільця (наприклад, постріл, його координати на екрані). Комп'ютерна система обробляє ці дані в реальному часі та, відповідно до логіки сценарію, визначає подальший розвиток подій та обирає наступний відеофрагмент для відтворення. Програмне забезпечення симулятора керує послідовністю відео, перемиканням між ними та інтеграцією інших

елементів (наприклад, *CGI* об'єктів або мішеней). Деякі системи можуть комбінувати відео з *3D* графікою для більшої гнучкості сценаріїв.

Технічна реалізація відтворення відео на основі дій користувача вимагає програмного забезпечення, здатного керувати потоком відеоконтенту відповідно до розгалуженої логіки сценарію. При отриманні вхідних даних від системи відстеження (наприклад, зафіксовано постріл у певну область екрана) програмне забезпечення симулятора приймає рішення про подальшу дію. Це може бути перехід до іншого, заздалегідь знятого відеокліпу, що демонструє наслідки пострілу (наприклад, реакцію персонажа), або перехід до іншої точки в часі в межах того ж відеофайлу. Для створення та керування такими складними структурами існують спеціалізовані платформи та інструменти, які дозволяють візуально моделювати розгалуження та інтегрувати відеоконтент. У відеосценаріях визначення влучання може здійснюватися шляхом порівняння координат пострілу з маскою (зазвичай бінарним зображенням (рис. 1.6)), що визначає область об'єкта на відеокадрі.



Рис. 1.6. Бінарна маска [22]

Для забезпечення занурення та ефективності тренування критично важливою є мінімальна затримка між дією стрільця (наприклад, натисканням на гачок) та візуальною та звуковою реакцією системи (наприклад, появою отвору

від кулі або реакцією персонажа на екрані). Визначення «низької затримки» може варіюватися від кількох секунд (для потокового відео) до мілісекунд (для інтерактивних систем). Для реальної інтерактивної взаємодії затримка має бути непомітною для людини, бажано менше 100 мс. Це вимагає оптимізації всіх етапів: від захоплення дії користувача, обробки даних, вибору наступного відеофрагмента до його декодування та відображення на екрані. Крім того, у багатоекранних системах або при інтеграції відео з іншими елементами (CGI, звуком) необхідна точна синхронізація всіх компонентів у реальному часі.

Використання відеофутажів в інтерактивних тренажерах є складним інженерним завданням, що вимагає інтеграції різних апаратних та програмних компонентів. Це не просто відтворення відео, а створення динамічної системи, що реагує на дії користувача. Ключовим технічним викликом є забезпечення мінімальної затримки між дією стрільця та візуальною реакцією симулятора. Це вимагає ретельного вибору обладнання, оптимізації програмного забезпечення та врахування специфічних вимог до форматів відео, що можуть забезпечити швидке декодування та перемикання між фрагментами. Розуміння цієї складності інтеграції та потреби в низькій затримці є фундаментальним для розробки ефективного комплексу відеофутажів, який буде належним чином функціонувати в цільовій системі тренажера.

1.4. Особливості створення футажів для інтерактивних тренажерів

Створення відеофутажів, призначених для використання в інтерактивних тренажерах, відрізняється від традиційного відеовиробництва специфічними технічними вимогами та робочим процесом. На етапі зйомки особлива увага приділяється точці зору, з якої ведеться запис. Часто використовується суб'єктивна точка зору, що імітує погляд користувача, щоб максимально занурити його в симуляційне середовище. Критично важливою є стабілізація зображення. Нестабільне відео може викликати дезорієнтацію, дискомфорт або навіть нудоту, що є неприпустимим у тренажерах, особливо тих, що

використовують проєкційні системи або VR. Для досягнення плавності руху камери використовуються штативи, стабілізатори та інші допоміжні засоби. Освітлення на знімальному майданчику має бути ретельно контрольованим. Воно повинно бути рівномірним, уникаючи сильних тіней, та відповідати освітленню цільового віртуального середовища, якщо планується подальший композитинг (наприклад, зйомка на хромакеї). Якість запису звуку також має високий пріоритет; чистий, без фонових шумів звук сприяє реалізму та кращому сприйняттю інструкцій або діалогів у сценарії. Процес зйомки для інтерактивних сценаріїв вимагає детального планування, включаючи розробку сценарію з точками розгалуження, розкадровку та технічний план зйомки для кожного варіанту розвитку подій.

Для створення гнучких та варіативних сценаріїв широко використовуються технології хромакей та відеоматтінгу (рис. 1.7). Технічно кажучи, хромакей – це технологія та технічний процес, який дозволяє використовувати суцільний однотонний фон для ізоляції та видалення фону в постпродакшні [23]. Це дає можливість легко розміщувати акторів або об'єкти у віртуальному середовищі тренажера, симулювати різні локації (від міських вулиць до природних ландшафтів), погодні умови або додавати спеціальні ефекти, що значно розширює можливості сценаріїв та дозволяє уникнути дорогих або неможливих натурних зйомок. Відеоматтінг (*video matting*) є більш складним процесом, що полягає в точному виділенні об'єкта з його оригінального фону та створенні альфа-маски, яка визначає ступінь прозорості кожного пікселя. Це дозволяє інтегрувати виділені об'єкти (наприклад, персонажів) у будь-яке інше візуальне середовище, зберігаючи напівпрозорі деталі (рис. 1.5).



Рис. 1.7. Зйомка відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів

Етап постпродакшну для футажів симуляторів є багатограним процесом, що трансформує сирій відзнятий матеріал у готовий до інтеграції контент. Він включає монтаж, де відбираються найкращі дублі та формується послідовність сцен відповідно до логіки розгалуженого сценарію. Візуальні ефекти (*VFX*) додаються для підвищення реалізму або створення елементів, відсутніх під час зйомки (наприклад, імітація пострілів, спецефекти). Корекція кольору та грейдинг забезпечують візуальну узгодженість між різними сценами та створюють необхідну атмосферу. Звуковий дизайн включає додавання або посилення звукових ефектів, музики та діалогів, а також їх зведення для досягнення високої якості звукової доріжки. Для створення інтерактивних сценаріїв процес монтажу має бути організований таким чином, щоб легко керувати різними гілками сюжету та інтегрувати точки прийняття рішень. У цьому процесі використовується професійне програмне забезпечення для відеомонтажу, *VFX* та звуку (*Adobe Premiere Pro* чи *After Effects* до прикладу). Організація файлів, дублів та версій проекту є надзвичайно важливою для ефективності робочого процесу, особливо при роботі зі складними розгалуженими сценаріями.

В наш час штучний інтелект стрімко розвивається, тому застосування інструментів на основі штучного інтелекту суттєво впливають на процес

створення відеофутажів. ШІ-інструменти можуть автоматизувати багато рутинних та трудомістких завдань у постпродакшні, таких як видалення фону (навіть без хромакею), корекція кольору, синхронізація аудіо, додавання субтитрів. Інструменти на основі ШІ також здатні покращувати якість відеоматеріалів, виконуючи підвищення роздільної здатності (технологія *upscaling* (рис. 1.8)) низькоякісного відео до *HD* або *4K*, зменшення шумів, стабілізацію зображення. Це особливо корисно при використанні архівних або низькоякісних вихідних матеріалів, дозволяючи підвищити їх придатність для використання у високореалістичних симуляторах. Крім того, генеративні моделі ШІ починають застосовуватися для створення окремих візуальних елементів, персонажів або навіть цілих відеосценаріїв чи їх частин, що потенційно може значно прискорити процес виробництва контенту. ШІ також використовується для аналізу та оцінки ефективності тренувальних симуляцій на основі відеозаписів дій користувачів.



Рис. 1.8. Демонстрація технології *upscale* [25]

Вплив інструментів на основі ШІ на процес створення відеофутажів для інтерактивних симуляторів є очевидним. Створення високоякісного контенту для таких систем традиційно є кропітким та трудомістким процесом і вимагає значних ресурсів. Техніки, такі як хромакей, хоч і дають гнучкість, вимагають ретельної підготовки та обробки. ШІ-інструменти значно прискорюють та спрощують багато з цих етапів, від автоматичного видалення фону до покращення якості зображення. Це дозволяє створювати більш складні, реалістичні та варіативні сценарії швидше та з меншими витратами. Майбутнє створення відеоконтенту для симуляторів, ймовірно, буде інтегрувати ШІ на всіх етапах, від генерації ідей та чорнових матеріалів до фінальної обробки та оптимізації для цільових платформ. Розробникам необхідно буде адаптуватися до цих змін, освоюючи нові інструменти та розуміючи, як найкраще поєднувати традиційні техніки з можливостями ШІ для досягнення максимального реалізму та ефективності тренування.

Висновки до розділу

У рамках даного розділу кваліфікаційної роботи було досліджено теоретичні аспекти, пов'язані з використанням комплекту відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів. Аналіз показав, що поняття «відеофутаж» еволюціонувало від фізичного вимірювання плівки до позначення будь-якого відзнятого рухомого зображення в цифрову епоху, зберігаючи при цьому свою сутність як базового матеріалу для подальшої обробки.

Призначення відеофутажів у тренажерах полягає у створенні високореалістичного та занурюючого візуального середовища. Це дозволяє користувачам не просто відпрацьовувати технічні навички стрільби, але й, що є критично важливим, тренувати прийняття рішень, ситуаційну обізнаність та використання сили в умовах, максимально наближених до реальних, але при цьому безпечних та контрольованих.

Відеофутажі є невід'ємною частиною візуального сценарію тренажера, який часто будується за принципом розгалужених історій. Технічна реалізація такого підходу вимагає складної архітектури системи, здатної відтворювати відеоконтент динамічно, на основі дій користувача (наприклад, пострілу), та забезпечувати точну синхронізацію візуальних, звукових та інтерактивних елементів у реальному часі. Ключовим технічним викликом є мінімізація затримки між дією стрільця та реакцією системи для досягнення високого ступеня занурення та ефективності тренування.

Процес створення футажів для інтерактивних тренажерів має свої особливості. Він включає специфічні техніки зйомки (часто від першої особи, з високою стабілізацією), використання технологій хромакей та відеоматтінгу для забезпечення гнучкості сценаріїв та легкості інтеграції елементів, а також складний постпродакшн. В останні роки інструменти на основі штучного інтелекту відіграють дедалі більшу роль, автоматизуючи рутинні завдання (видалення фону), покращуючи якість відео (*upscaling*) та навіть допомагаючи у генерації контенту.

Вибір оптимального формату відеофутажів та відповідного кодека, особливо з підтримкою прозорості (через альфа-канал), є критичним і залежить від багатьох факторів. Професійні формати, такі як *MOV* з кодеком *Apple ProRes 4444*, забезпечують високу якість та продуктивність для професійної обробки, але мають великий розмір файлів та можуть викликати проблеми сумісності. *WebM VP9* є більш придатним для вебу, але його підтримка в професійних симуляторних системах може бути обмеженою. Послідовності зображень у форматах *PNG/TIFF* забезпечують безвтратну якість, але створюють величезні обсяги даних і можуть впливати на продуктивність відтворення. Вимоги до низької затримки в інтерактивних системах висувають додаткові критерії до вибору кодеків, надаючи перевагу тим, що забезпечують швидке декодування та мінімальну буферизацію.

Можливості використання відеофутажів в інтерактивних стрілецьких тренажерах включають:

- створення високого рівня реалізму та занурення користувача у тренувальний процес;
- ефективне відпрацювання не тільки техніки стрільби, але й навичок прийняття рішень у складних та стресових ситуаціях;
- забезпечення безпечного та контрольованого середовища для тренувань, які є занадто небезпечними або дорогими в реальному житті;
- підвищення гнучкості та варіативності сценаріїв завдяки використанню технологій хромакей та відеоматтінгу;
- підвищення ефективності та швидкості створення відеоконтенту за допомогою інструментів на основі ШІ.

Основними викликами при цьому є:

- забезпечення мінімальної затримки та точної синхронізації між діями користувача, візуальним середовищем та іншими компонентами симулятора у реальному часі;
- складність інтеграції відеофутажів у загальну апаратно–програмну архітектуру симулятора;
- вибір оптимального формату та кодека відео, що забезпечить найкращий баланс між якістю зображення, підтримкою прозорості, продуктивністю відтворення, розміром файлів та сумісністю з цільовою системою тренажера;
- потенційні проблеми сумісності та продуктивності відтворення відео з альфа–каналом на різних платформах та в різному програмному забезпеченні;
- необхідність значних ресурсів (час, обладнання, кваліфікація персоналу) для створення високоякісного та варіативного відеоконтенту, хоча ШІ–інструменти можуть допомогти зменшити ці витрати.

Висновки, отримані в цьому розділі, підкреслюють багатогранність завдання створення комплекту відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів. Розуміння вимог до реалізму, інтерактивності, технічних параметрів відео (роздільна здатність, частота кадрів, кодек, контейнер), підтримки

прозорості та необхідності забезпечення низької затримки є фундаментальним. Ці теоретичні положення та виявлені технічні виклики стануть безпосередньою основою для подальшої роботи над роботою, зокрема для розробки технічного завдання на створення комплекту відеофутажів та визначення конкретних технологічних рішень у практичній частині дослідження.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ФУТАЖІВ

Цей розділ присвячений детальному технічному аналізу процесів та інструментів, що використовуються для створення та оптимізації відеофутажів для інтеграції в сучасні тренажерні системи. Розглядаються традиційні та новітні підходи до обробки відео, зокрема з використанням технологій штучного інтелекту, а також ключові технічні вимоги до кінцевих відеоактивів для забезпечення реалістичності та ефективності симуляцій.

Якість відеофутажів є критично важливою для занурення користувача та ефективності тренування в симуляторах. Реалістичні візуальні сценарії допомагають розвивати навички прийняття рішень, ситуаційну обізнаність та реакцію, що є основними цілями багатьох тренажерів, зокрема військових та правоохоронних. Наприклад, у тренажерах стрільби використовуються високоякісні відеосценарії для імітації реальних зіткнень, де від дій користувача залежить подальший розвиток подій. Такі сценарії, зняті у високій роздільній здатності та забезпечують емоційне занурення та дозволяють відпрацьовувати прийняття рішень під тиском.

Оптимізація футажів, своєю чергою, впливає на продуктивність тренажерної системи. Затримка між діями користувача та візуальною відповіддю симулятора має бути мінімальною для забезпечення реалістичності та ефективності тренування. Висока якість відео, незважаючи на її важливість, може призводити до великих розмірів файлів та високих вимог до пропускної здатності мережі та обчислювальних ресурсів, що може збільшувати затримку та знижувати плавність відтворення. Таким чином, підготовка відеофутажів для тренажерів вимагає ретельного балансування між візуальною якістю, реалістичністю сценаріїв та технічними обмеженнями цільової тренажерної платформи, що забезпечується правильним вибором інструментів та методів обробки.

2.1. Аналіз програмного забезпечення для підготовки відеофутажів

Підготовка відеофутажів для використання в тренажерних системах охоплює широкий спектр завдань, від базового монтажу та корекції до створення складних візуальних ефектів, інтерактивних елементів та оптимізації для конкретних платформ. Для виконання цих завдань використовується різноманітне програмне забезпечення, яке можна розділити на загальні професійні відеоредактори та спеціалізовані інструменти, орієнтовані на створення інтерактивного контенту та симуляцій.

Професійні нелінійні відеоредактори є основою для обробки відеоматеріалів. *Adobe Premiere Pro*, *DaVinci Resolve* та *Final Cut Pro* є стандартними для монтажу, корекції кольору та фіналізації відеопроєктів. *Adobe After Effects* та *Foundry Nuke* широко застосовуються для створення візуальних ефектів (VFX) та моушн-графіки.

Ці інструменти надають можливості, критично важливі для підготовки футажів тренажерів:

1. Базовий монтаж та редагування: обрізка, склеювання кліпів, налаштування послідовності кадрів. Це дозволяє формувати лінійні або сегментовані частини сценаріїв;

2. Багатошарове редагування: можливість розміщувати кілька відео- або графічних шарів один над одним. Це необхідно для композитингу, наприклад, накладання елементів інтерфейсу, позначок на карті або віртуальних об'єктів поверх реального відеофутажу;

3. Корекція кольору: налаштування балансу білого, експозиції, контрастності та колірної гами для забезпечення візуальної узгодженості між різними сценами або створення певного настрою. Це допомагає підвищити реалістичність візуалізації;

4. Візуальні ефекти: включають стабілізацію зображення, шумозаглушення, розмиття, а також складніші ефекти, такі як симуляція частинок або динамічні деформації;

5. Хромакейна обробка та маскування/ротоскопінг: видалення певного кольору (наприклад, зеленого або синього фону) для створення прозорості. Маскування та ротоскопінг дозволяють вручну або напівавтоматично ізолювати об'єкти або області у відеокадрі для подальшого композитингу або застосування ефектів. Ці техніки є основними для інтеграції акторів або реальних об'єктів у віртуальне середовище тренажера;

6. Моушн–графіка та анімація: створення анімованих текстових написів, покажчиків, елементів інтерфейсу або абстрактних візуалізацій. Це може використовуватися для відображення інформації, інструкцій або візуалізації даних у симуляторі.

Adobe Premiere Pro

Один із найпоширеніших відеоредакторів у професійному середовищі. *Premiere Pro* пропонує потужні інструменти для нелінійного монтажу, глибокої кольорокорекції, підтримку багатоканального редагування, хромакею, інтеграцію з іншими продуктами *Adobe* (*After Effects*, *Audition*, *Media Encoder*), а також можливість роботи з відео у високій роздільній здатності (до 8K). Програмне забезпечення підтримує використання сторонніх плагінів і скриптів, що дозволяє автоматизувати обробку відеофутажів.

Adobe After Effects

Adobe After Effects – це професійне програмне забезпечення для створення анімації, візуальних ефектів та композитингу, що широко використовується у кіноіндустрії, телебаченні та веб–відео. Це один із найпотужніших інструментів для постобробки відео, який дозволяє поєднувати шари відео, зображень і графіки в єдину композицію.

Final Cut Pro

Розроблений компанією *Apple*, цей відеоредактор активно використовується у середовищі *MacOS*. Відзначається високою продуктивністю,

особливо на пристроях *Apple* з процесорами серії *M. Final Cut Pro* має низку інструментів для швидкого редагування, включно з автоматичним виявленням сцен, стабілізацією відео та трекінгом об'єктів. Його недоліком є обмежена платформа (доступний лише на *Mac*), однак завдяки оптимізації для апаратної частини *Apple* забезпечує низьку затримку та швидке рендерення.

DaVinci Resolve

DaVinci Resolve поєднує у собі можливості відеомонтажу, кольорокорекції, аудіоредагування та візуальних ефектів. Основна перевага – професійна система кольорокорекції, яка широко використовується у кіноіндустрії. Програма має безкоштовну версію з розширеним функціоналом, що робить її доступною для широкого кола користувачів. Інструменти трекінгу, хромакею, редагування аудіо та *Fusion* (вбудоване середовище для створення композитних ефектів) роблять *DaVinci Resolve* потужним інструментом для створення відеофутажів із високим рівнем візуальної деталізації.

Sony VEGAS Pro

Цей редактор часто обирають завдяки інтуїтивному інтерфейсу та швидкому рендерингу. *VEGAS Pro* має широкий спектр інструментів для монтажу, підтримку роботи з відео у 4K, покадрове редагування, маски та ключові кадри, а також просту інтеграцію з аудіо. Підходить для менш вимогливих проєктів або для користувачів, які цінують простоту інтерфейсу та швидкість обробки.

Topaz Video AI

Це спеціалізоване програмне забезпечення, орієнтоване на покращення якості відео за допомогою сучасних алгоритмів машинного навчання. Програма була розроблена компанією *Topaz Labs*, яка спеціалізується на створенні ШІ-інструментів для обробки зображень і відео. На відміну від класичних

відеоредакторів, *Topaz Video AI* не є повноцінним середовищем для монтажу, а зосереджена саме на покращенні вхідного відеоматеріалу.

Topaz Video AI застосовує глибокі неймережі, які були навчені на великих наборах відеоданих, що дозволяє досягти високої точності та візуальної якості навіть у складних випадках, де традиційні фільтри неефективні. Застосування цього ПЗ є особливо доречним при підготовці архівних футажів або кліпів, знятих на недосконалу техніку – наприклад, якщо потрібно адаптувати старі відео для сучасного використання в тренажерних системах.

На сучасному етапі розвитку медіаіндустрії програмне забезпечення компанії *Adobe* залишається стандартом де-факто у сфері відеомонтажу та візуальних ефектів. Зокрема, *Adobe Premiere Pro* та *Adobe After Effects* використовуються як у великих кіновиробництвах, так і в освітніх та рекламних проєктах.

У контексті підготовки відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів, дані програмні продукти дозволяють реалізувати повний цикл виробництва – від первинного монтажу та базової обробки до створення ефектів, які підвищують реалістичність та динамічність візуального контенту. Завдяки можливості експортованого інтегрування з іншими програмами (наприклад, із системами обробки зображення на базі ШІ чи специфічними утилітами для підготовки альфа-каналу), обидва продукти зберігають свою актуальність і є доцільними для використання навіть у вузькоспеціалізованих проєктах, таких як навчально-тренувальні комплекси.

2.2. Використання ШІ для покращення відеофутажів

Технології штучного інтелекту, зокрема нейронні мережі, дедалі ширше застосовуються для покращення якості та адаптації відеоматеріалів, що має значний потенціал для підготовки футажів для тренажерних систем. ШІ може автоматизувати складні завдання, які традиційно вимагали ручної праці або були

обмежені можливостями класичних алгоритмів, дозволяючи досягти вищого рівня реалізму та ефективності симуляцій.

Основними напрямками застосування ШІ для покращення відеофутажів є:

1. Масштабування (*Upscaling*) (рис. 1.9): ШІ-алгоритми збільшують роздільну здатність відео, синтезуючи нові пікселі та деталі на основі навчання на великих наборах даних. На відміну від традиційних методів інтерполяції, які просто розтягують або усереднюють існуючі пікселі, що призводить до розмиття та втрати чіткості, ШІ намагається «відновити» втрачені деталі, ґрунтуючись на знаннях про типові структури зображення. Це дозволяє покращити якість футажів, знятих у нижчій роздільній здатності, або адаптувати їх для використання на дисплеях з вищою роздільною здатністю, які застосовуються в сучасних тренажерах. Прикладом такого інструменту є вищезгаданий *Topaz Video AI*. Хоча ШІ-масштабування може значно покращити візуальну якість, воно не є ідеальним і може вносити небажані артефакти або «пластичність» зображення, особливо на контенті низької якості або з унікальними об'єктами, для яких ШІ не має достатньо даних для навчання. Крім того, високоякісне ШІ-масштабування є обчислювально інтенсивним процесом, що вимагає потужного обладнання, зокрема сучасних графічних процесорів;

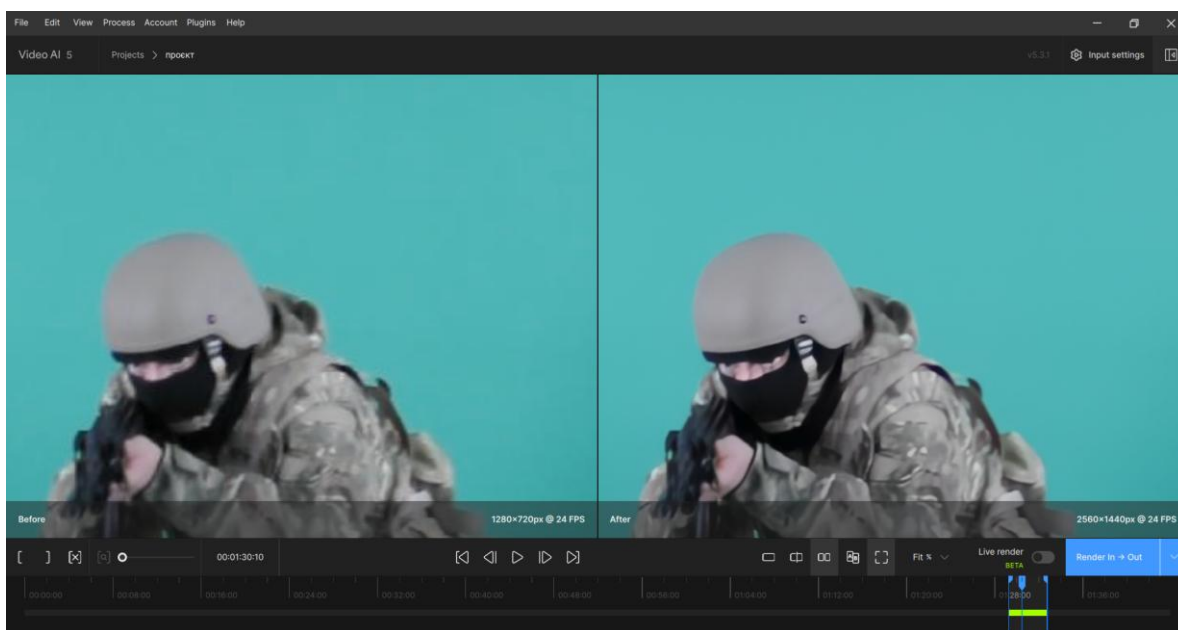


Рис. 2.1. Процес масштабування відео в *Topaz Video AI*

2. Шумозаглушення та видалення артефактів: ШІ може ефективно ідентифікувати та видаляти шум (наприклад, спричинений низьким освітленням або високим *ISO*) та артефакти стиснення, зберігаючи при цьому важливі деталі зображення. Це особливо актуально для футажів, знятих в умовах, далеких від ідеальних, або при використанні стокового відео. Традиційні методи шумозаглушення часто розмивають зображення, тоді як ШІ здатний краще розрізнити шум та корисні деталі;

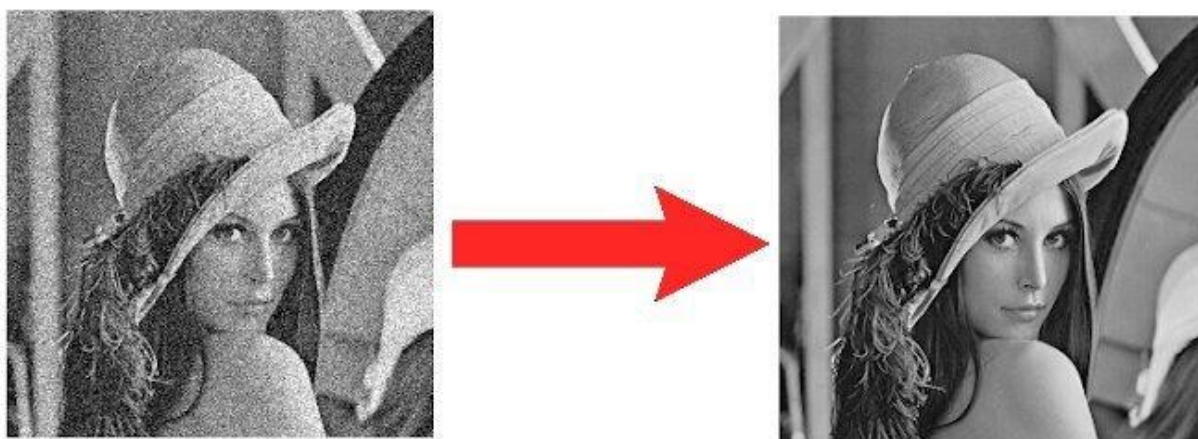


Рис. 2.2. Демонстрація шумозаглушення [29]

3. Стабілізація відео: завдяки здатності аналізувати рух камери, ШІ забезпечує корекцію тремтіння, що робить придатним для симуляторів відео, зняте «з рук» або з рухомих платформ, зокрема дронів;

4. Видалення фону: автоматичне відокремлення об'єктів від фону без необхідності використання зеленого екрану. Це досягається за допомогою глибокого навчання та технік сегментації зображення. ШІ демонструє високу точність, включаючи роботу зі складними краями (наприклад, волоссям) та напівпрозорими об'єктами. Порівняно з ручним маскуванням, ШІ може значно прискорити процес, хоча ручне редагування все ще може забезпечити найвищу точність для складних випадків. Для тренажерів ця можливість є цінною для композитингу акторів або об'єктів у віртуальне середовище, створення динамічних елементів інтерфейсу або віртуальних персонажів.

2.3. Ефективність ШІ технологій порівняно з традиційними методами

Обробка відео з використанням технологій штучного інтелекту пропонує значні переваги порівняно з традиційними методами, особливо в контексті реалістичних симуляцій. ШІ може забезпечити вищу якість масштабування та шумозаглушення, краще зберігаючи деталі та текстури. Це дозволяє використовувати в тренажерах футажі, які спочатку могли мати недостатню якість (наприклад, старі записи, стокове відео низької роздільної здатності, відео, зняте в складних умовах). Крім того, ШІ може автоматизувати трудомісткі процеси, такі як видалення фону, що прискорює підготовку контенту.

Однак, існують і обмеження. ШІ-алгоритми вимагають значних обчислювальних ресурсів, часто покладаючись на потужні графічні процесори для досягнення прийнятної швидкості обробки, особливо для відео високої роздільної здатності та великої частоти кадрів. Якість результатів ШІ може залежати від типу контенту та відрізнятися від ідеального, іноді вносячи власні, специфічні для ШІ артефакти. Крім того, інтеграція ШІ-інструментів у існуючі робочі процеси підготовки контенту може вимагати адаптації програмного забезпечення та обладнання.

Незважаючи на ці виклики, обробка відеоматеріалів з використанням технологій штучного інтелекту є потужним інструментом, який може значно підвищити якість та реалістичність відеофутажів для тренажерів, роблячи симуляції більш занурювальними та ефективними для навчання.

Висновки до розділу

У даному розділі кваліфікаційної роботи було здійснено ґрунтовний аналіз програмного забезпечення, що використовується на різних етапах підготовки відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів. Особливу увагу приділено сучасним технологіям, які інтегрують штучний інтелект у процес обробки відеоматеріалів.

Було визначено, що основними інструментами для редагування відео у професійному середовищі залишаються *Adobe Premiere Pro* та *Adobe After Effects*. Ці редактори забезпечують високий рівень контролю над монтажем, дозволяють здійснювати кольорокорекцію, додавати ефекти, синхронізувати відео зі звуком та застосовувати складні анімації. Їхні широкі функціональні можливості дозволяють адаптувати відеофутаж до потреб конкретного тренажера, у тому числі шляхом підготовки варіантів відео для відтворення в залежності від дій користувача.

Разом з тим, аналіз продемонстрував, що традиційні інструменти відеомонтажу доповнюються новими спеціалізованими програмами, зокрема такими, що використовують алгоритми штучного інтелекту. Одним із яскравих прикладів є *Topaz Video AI*, який забезпечує автоматичне покращення чіткості, підвищення роздільної здатності та усунення шумів. У контексті підготовки відеофутажів для тренажерів, де якість відео безпосередньо впливає на точність розпізнавання об'єктів та взаємодію з користувачем, застосування подібних технологій має суттєве практичне значення.

Загалом процес підготовки відеофутажів для інтерактивних тренажерів є мультиетапним і вимагає використання широкого спектру інструментів. Оптимальне поєднання традиційних професійних рішень із новітніми ШІ-алгоритмами дозволяє підвищити ефективність створення контенту, забезпечити високу якість візуального ряду та адаптацію матеріалів до умов інтерактивної взаємодії.

У перспективі подальшого розвитку даної сфери доцільним є активне впровадження штучного інтелекту не лише для покращення якості відео, але й для автоматичної сегментації сцен, виявлення об'єктів, генерації варіативного контенту та інтеграції з ігровими рушіями. Це дозволить значно розширити можливості тренажерів, зробити навчальний процес більш реалістичним та адаптивним до потреб користувача.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ВІДЕОФУТАЖІВ ДЛЯ ІНТЕРАКТИВНИХ СТРІЛЕЦЬКИХ ТРЕНАЖЕРІВ

Цей розділ присвячено практичній реалізації основного завдання кваліфікаційної роботи – створенню комплекту відеофутажів для використання в інтерактивному стрілецькому тренажері. На основі аналізу теоретичних засад та попередніх розробок сформульовано вимоги до футажів, визначено методологію їх підготовки та описано хід виконання проєкту.

Розділ охоплює кілька ключових етапів: аналіз прототипів, постановку завдання, вибір технічних засобів і програмного забезпечення, безпосередню обробку відеоматеріалу та формування остаточного комплекту. Робота відбувалась з футажими, знятих у реальних умовах, їх оптимізацією для подальшої інтеграції у тренажерні системи та забезпеченню високої якості зображення із збереженням прозорого фону (альфа-каналу).

Робота над комплектом відеофутажів включала низку важливих практичних завдань:

- пошук і відбір відеоматеріалу, що відповідає заданим критеріям (зйомка з фіксованої камери, наявність єдиного персонажа, чітка дія – наприклад, постріл);
- обробка відібраних матеріалів з використанням технологій штучного інтелекту;
- обробка футажів в спеціалізованому програмному забезпеченні;
- додавання звукових та візуальних ефектів;
- фінальний рендер та експорт.

Протягом реалізації були застосовані як традиційні інструменти відеомонтажу, так і сучасні сервіси на базі штучного інтелекту, що дозволило значно оптимізувати процес обробки та досягти стабільної якості на виході. У

результаті практичної роботи було створено комплект, що відповідає технічним та функціональним вимогам до інтерактивних тренажерів і може бути використаний для бойової підготовки.

3.1. Аналіз прототипів

На початковому етапі роботи важливим елементом стало ознайомлення з уже існуючими відеофутажами, що використовувалися або створювалися раніше для потреб стрілецьких тренажерів типу *ePresenter*. Ці матеріали відіграють ключову роль у формуванні сценаріїв взаємодії користувача з тренажером.

Футажі були зняті в реальних умовах із залученням акторів, що зображують ворогів або цивільних, у просторі, стилізованому під міське або польове середовище. Відео записувалося зі статичної камери на зеленому фоні, найчастіше з однієї точки, що забезпечує стабільність кадру та спрощує подальшу обробку. Освітлення в більшості випадків природне або комбіноване, з незначною кількістю штучних джерел світла. Це дозволяло досягти достатньої видимості, але водночас ускладнювало процес видалення фону через нерівномірність освітлення (обведено червоним) (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Процес зйомки

Відеофутажі зображають короткі дії: поява персонажа, рух у кадрі, атака, реакція на постріл тощо. Всі ці дії є сценарно завершеними фрагментами, призначеними для запуску в чітко визначених моментах роботи тренажера. Тривалість кожного фрагмента, як правило, не перевищує кількох секунд, що відповідає вимогам до інтерактивних систем з обмеженим часом на реакцію. Такий підхід дозволяє конструювати сценарії тренувань як з окремих модулів, що підключаються до логіки симуляції.

Технічно відеофайли мають посередню якість (це одна з головних причин чому було вирішено включити технології штучного інтелекту до процесу підготовки відеофутажів з вихідних матеріалів). Частота кадрів становить 24 fps , роздільна здатність 1280×720 , тобто *HD* якість, що являється доволі низькою у сучасності. Відео нерідко страждає від легких шумів, незначного пересвічування або затемнення на окремих ділянках кадру, що пов'язано з обмеженим контролем освітлення під час зйомок.

Попри те, що надані для попереднього перегляду відеофутажі зберігалися у форматі *MP4* без альфа-каналу, їхній зовнішній вигляд і особливості монтажу свідчать про наявність прозорого фону у фінальних версіях, що інтегруються у тренажерне середовище. У реальній експлуатації такі футажі, як правило, експортуються у форматах, що підтримують альфа-канал – зокрема, *QuickTime MOV* із кодеком *ProRes 4444* або подібними, які забезпечують збереження прозорості без втрати якості. Це дозволяє операторам тренажерів накладати відеоряд із зображенням умовного супротивника чи стрільця на будь-яке тло чи віртуальне середовище без додаткової хромакейної обробки. Завдяки цьому спрощується інтеграція футажу до системи, а також забезпечується коректне візуальне відтворення сцени.

Якість самих відео – на рівні базового телевізійного продакшену, однак у кадрах помітні обмеження, що можуть негативно позначитися на сприйнятті та точності тренажерних сценаріїв. Насамперед, у частині футажів спостерігаються артефакти стиснення, такі як блокування, нечіткість контурів, втрати деталей та

значний рівень шуму у текстурах одягу, а також помірне «змазування» при динамічних рухах персонажів (рис. 3.2)



Рис. 3.2. Приклад попередніх версій відеофутажів

Також слід відзначити, що хоча більшість кадрів відзняті з фіксованої камери у статичному ракурсі, що спрощує подальшу обробку, у частині футажів візуальна глибина сцени недостатньо відпрацьована. Слабке відділення фону від переднього плану може ускладнювати автоматичне виділення персонажа для створення прозорого фону. Це є ще одним технічним аргументом на користь застосування сучасних алгоритмів штучного інтелекту – зокрема, для підвищення роздільної здатності, приглушення шумів, стабілізації кадру та вирізання персонажів.

Таким чином, застосування ШІ-технологій (наприклад, збільшення роздільної здатності, фільтрації шуму або автоматичного виділення об'єктів) виявляється цілком обґрунтованим та ефективним кроком, що дозволяє компенсувати недоліки вихідних матеріалів без необхідності перезйомки. Це не

лише підвищує візуальну якість футажів, а й адаптує їх до вимог сучасного тренажерного середовища.

3.2. Попередня обробка відеофутажів

Після попереднього аналізу та відбору матеріали були підготовлені до імпорту в робоче середовище *Topaz Video AI*, для покращення якості відібраних матеріалів. Також варто зазначити, що важливою вимогою до підготовки відеофутажів було дотримання необхідного об'єму відеофайлів, для оптимальної роботи у середовищі інтерактивного тренажера. Тому було важливо знайти баланс між збільшенням якості відео та об'ємом файлу під час обробки матеріалів у даному ПЗ.

Отже, першим етапом було створення нового проєкту в даному ПЗ та імпорт відібраних раніше матеріалів. Для цього відповідно було обрано в початковому меню опцію «*Create a new project*», далі програма пропонує імпортувати відеоматеріали, що і було зроблено (рис. 3.3)

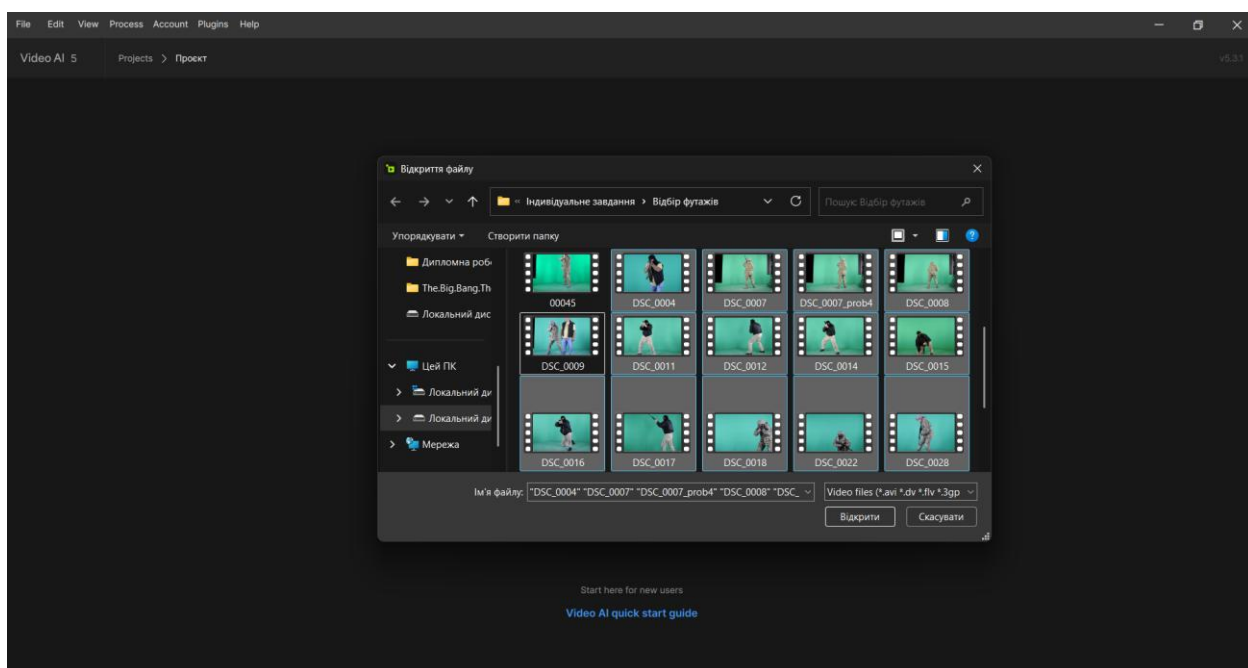


Рис. 3.3. Створення нового проєкту та імпорт відеоматеріалів

Після підтвердження імпорту відкрилось робоче середовище ПЗ, де і буде відбуватись основна робота над відібраними футажами.

Програма має ряд функцій, що розташовані на панелі справа (рис. 3.4), є можливість прибирати шум, стабілізувати відео, змінювати кількість кадрів в секунду і багато іншого, і також збільшення роздільної здатності (*Upscale*), що буде провідним елементом у покращенні якості відео.

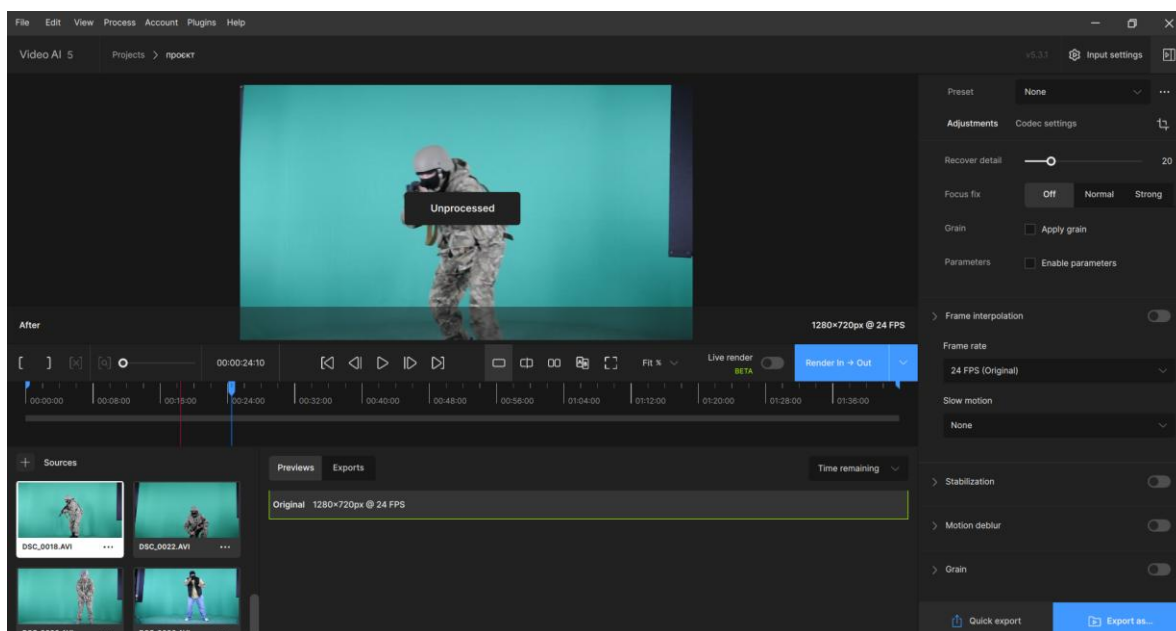


Рис. 3.4. Робоче середовище *Topaz Video AI*

Спершу потрібно обрати область на відео, яку потрібно буде покращити, оскільки процес обробки всього відео займе дуже багато часу та ресурсів, тому що процес збільшення роздільної здатності відео потребує достатньо великих об'ємів обчислювальної потужності.

Отже, щоб обрати потрібний фрагмент із всього відео потрібно його виділити на таймлайні (рис. 3.5 (виділено червоним)) спеціальними маркувальними стовпцями. Виділена стовпцями область буде областю рендеру і саме вона буде оброблятися програмою після підтвердження використання тієї чи іншої опції (рис. 3.5).

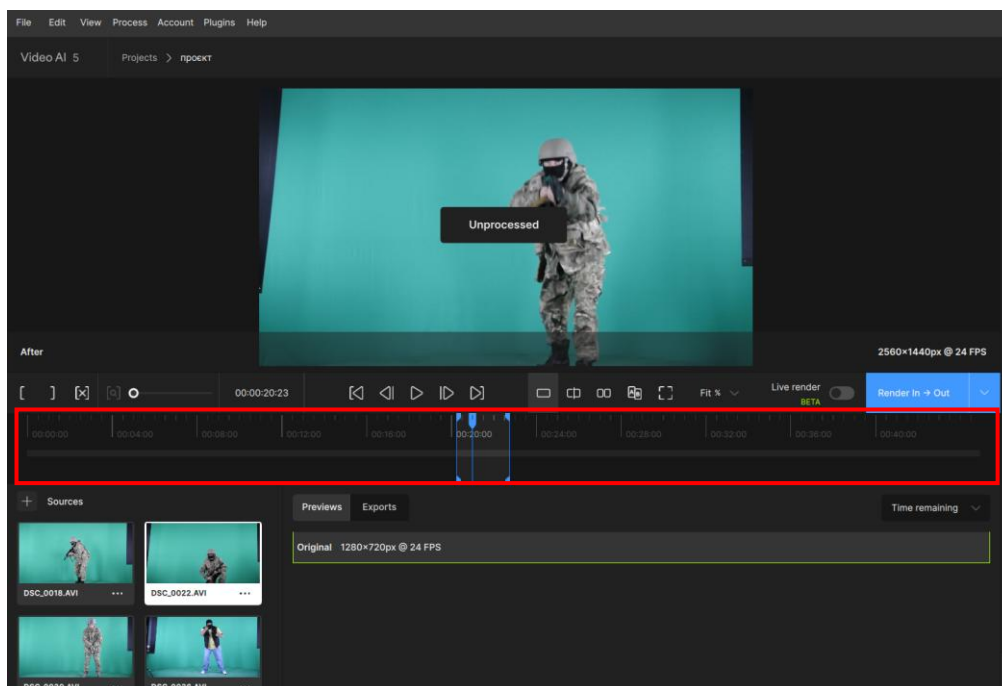


Рис. 3.5. Виділення області рендеру на таймлайні

Після виділення області потрібно обрати, що саме застосувати до відео. Як вже раніше було сказано головною функцією буде збільшення роздільної здатності, оскільки саме вона впливає на збільшення якості відео. Але також є й інші функції, наприклад можна застосувати також стабілізацію відео, оскільки деякі матеріали були зняті без використання штативу.

Для застосування функції збільшення роздільної здатності потрібно у вікні *Enhancement* (Покращення) у розділі *Output Resolution* (Вихідна роздільна здатність) обрати варіант збільшення роздільної здатності. Програма пропонує багато варіантів збільшення роздільної здатності аж до якості 8 K. У ході дослідження було зроблено висновок, що для збереження балансу між об'ємом відеофутажу та його якістю оптимальним є варіант *2x Upscale* (Збільшення роздільної здатності у два рази від вихідної) (рис. 3.6).

Після вибору варіанту збільшення роздільної здатності потрібно також обрати ШІ модель, яка буде обробляти відео. Різні моделі підходять для різних ситуацій, але для більшості випадків підходить модель *Proteus* (рис. 3.6).

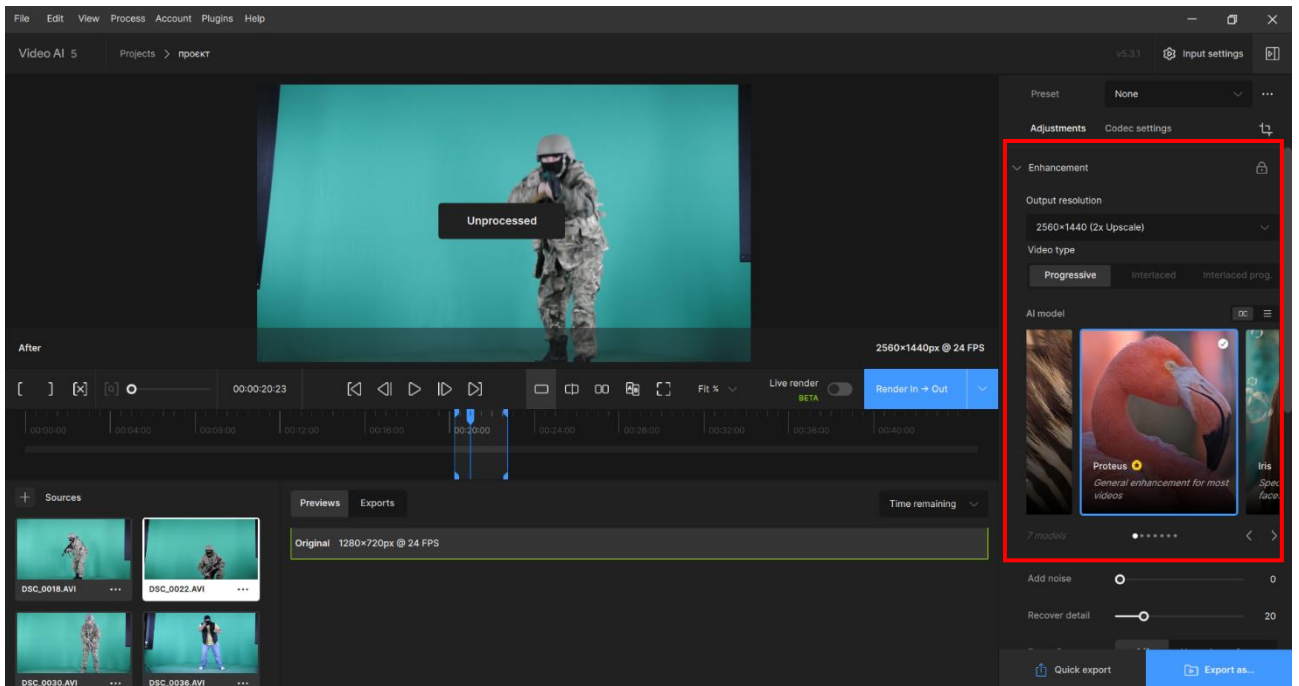


Рис. 3.6. Вибір опцій для покращення якості

Далі для запуску обробки відео потрібно обрати «*Render In → Out*». Таким чином можна створити цілу чергу для обробки відеоматеріалів і програма буде по черзі обробляти кожен фрагмент.

Після завершення процесу можна подивитись результат обробки відео обираючи різні режими відображення відео, наприклад *Side-by-side view*, що відображає зліва оригінал відео, а справа результат обробки (рис. 3.7)

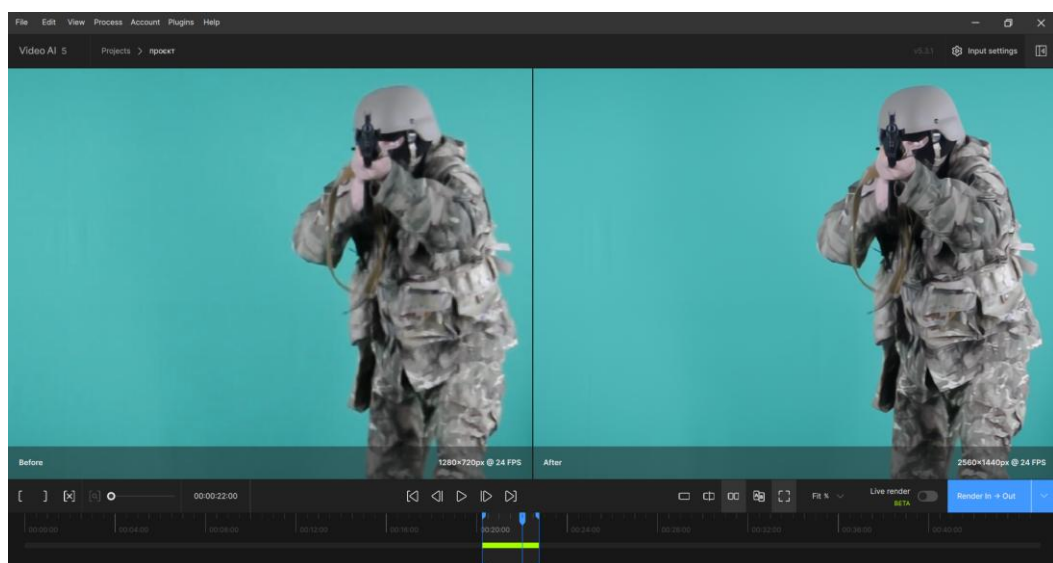


Рис. 3.7. Перегляд результату

Як видно на зображення навіть найменш потужний варіант (*2x Upscale*) обробки відео дає помітний результат, адже зображення стало набагато чіткішим і його якість помітно виросла.

Після отримання потрібного результату залишається останній етап – експорт обробленого відеофрагменту. Для цього в тій же панелі справа потрібно обрати функцію «*Export as*» і вказати фінальне місцерозташування експортованого результату. Результат буде експортований у форматі *MP4* (рис. 3.8).

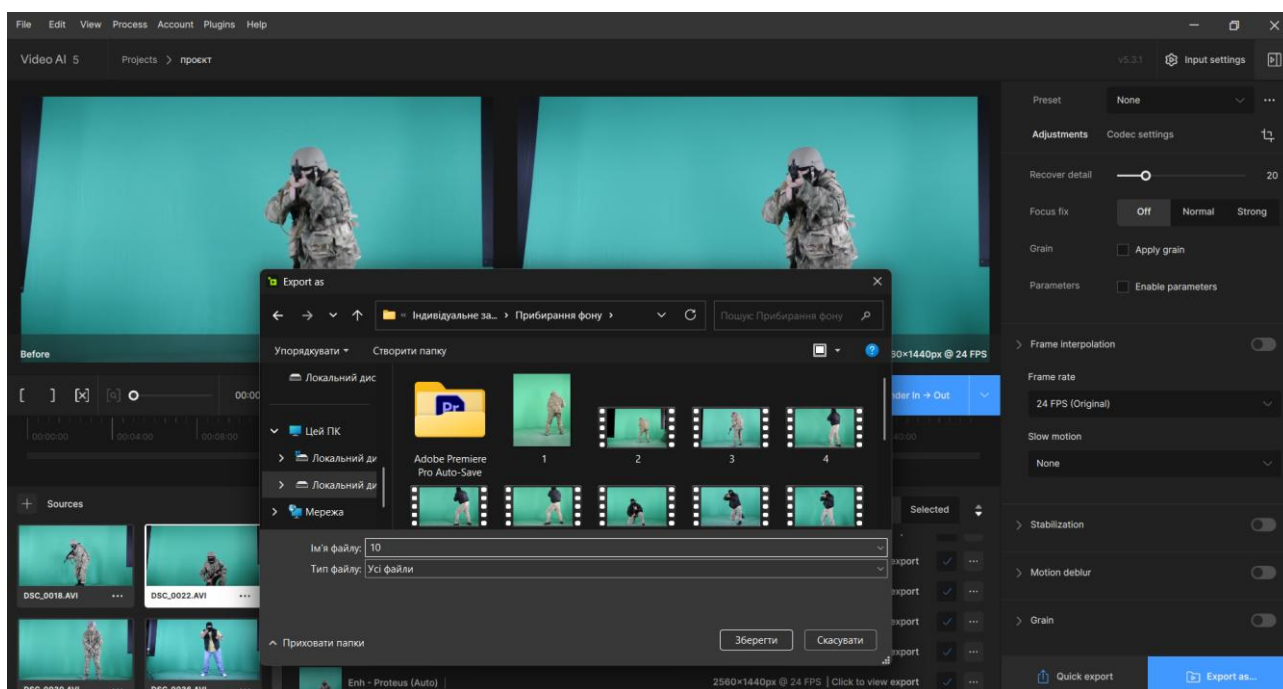


Рис. 3.8. Експорт обробленого відеофутажу

За схожим принципом було оброблено інші обрані матеріали і здійснено їх експорт. Після експорту відібраних матеріалів відбувався наступний етап роботи – обробка футажу в *Adobe Premiere Pro*.

Загалом основна задача на цьому етапі це якісно прибрати фон, в деяких випадках також здійснюється кольорокорекція відео шляхом збільшення яскравості за допомогою відповідного ефекту *Brightness & Contrast*, це робиться для того, щоб обробка у *VideoConvertor* (див. далі «Обробка відеофутажів у

VideoConvertor») відбувалась краще і не прибирала фрагменти головного об'єкту на футажі.

Отже, спершу створюється новий проєкт, далі відео експортується до програми та переноситься на таймлайн. Після цього відбувається також обрізка відео шляхом створення композиції і налаштування її параметрів, в тому числі і розмірних (рис. 3.9, рис. 3.10), далі за допомогою ефекту *Ultra Key* і прибирається фон: обирається колір фону за допомогою піпетки і далі за допомогою параметрів ефекту налаштовується видалення фону (також можна переглядати результат видалення фону у режимі альфа-каналу, це корисно, бо можна точніше побачити які ділянки програма видалила, а які лишила, бо часто буває, що на темному фоні не видно, що ефект наприклад також прибирає разом із фоном частинку потрібного об'єкту) (рис. 3.11).

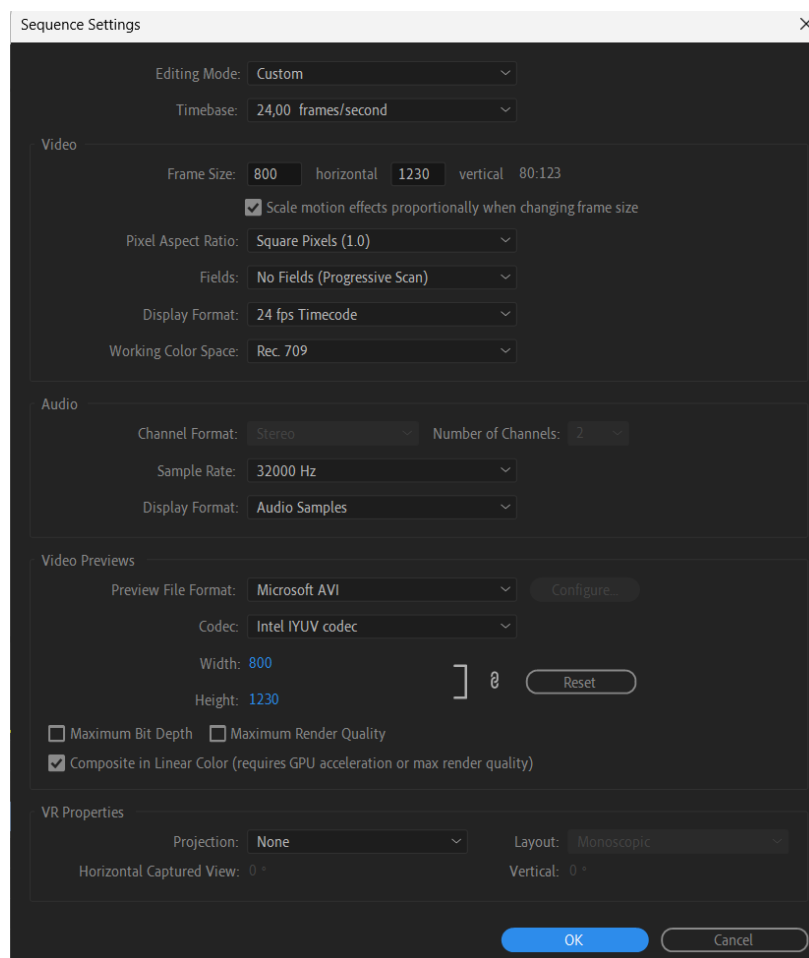


Рис. 3.9. Створення нової композиції

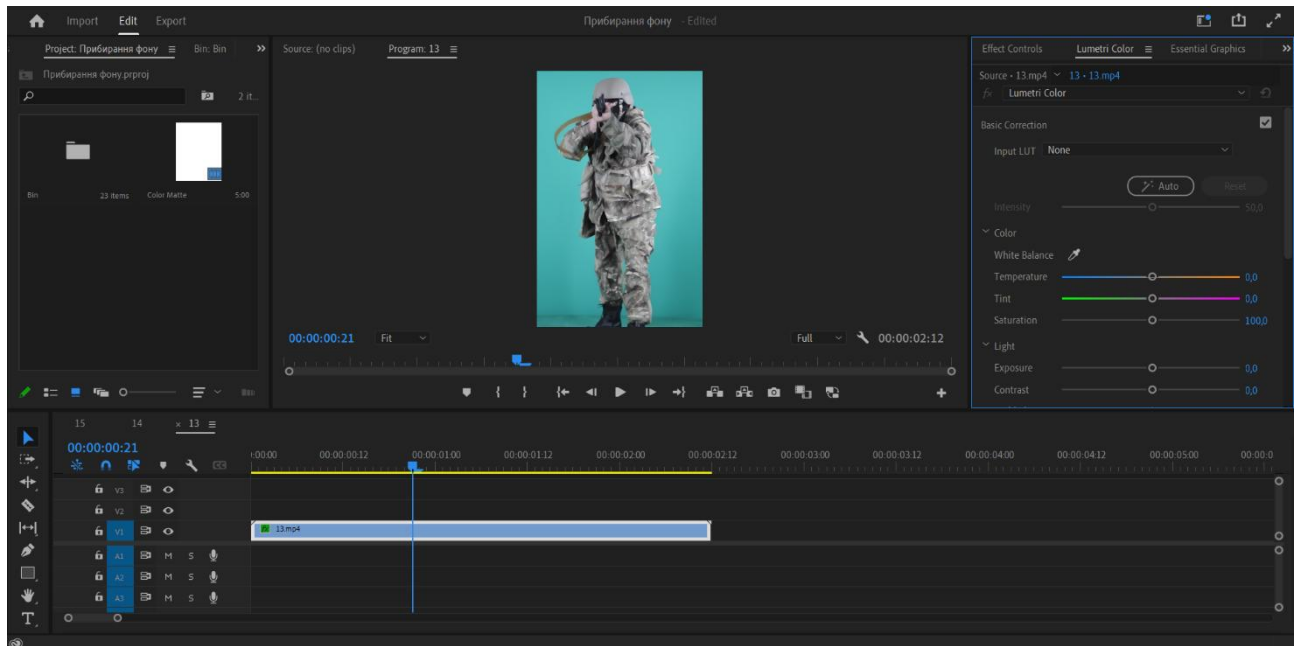


Рис. 3.10. Імпортований матеріал

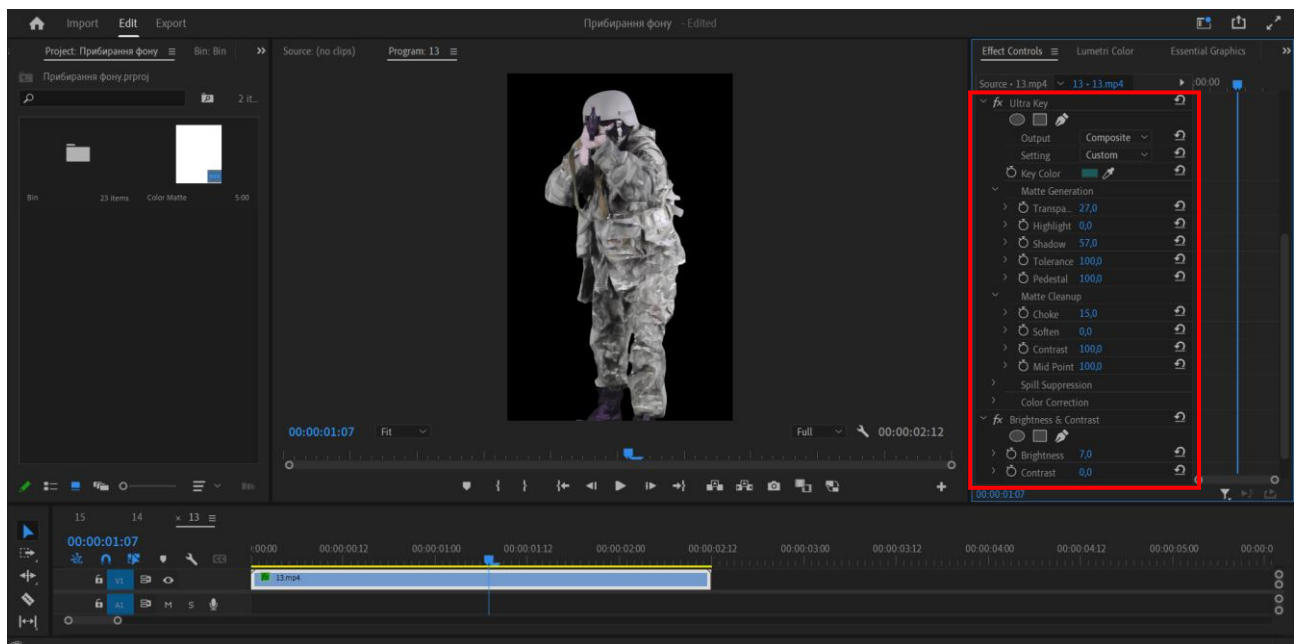


Рис. 3.11. Прибирання фону в *Adobe Premiere Pro*

Після виконання вищеписаних дій футаж з видаленим фоном експортується у довільному форматі і йде на обробку в інше спеціалізоване програмне забезпечення, що дозволить на виході отримати відеофутаж з альфа-каналом – *VideoConvertor*.

3.3. Створення альфа–каналу

VideoConvertor – це спеціалізоване програмне забезпечення, призначене для обробки відеоматеріалів, зокрема для видалення фону та створення альфа–каналу (прозорого шару) у відеофайлах. Програма орієнтована на підготовку відеофутажів, які використовуються у мультимедійних системах, для інтерактивних тренажерів.

Основною метою застосування *VideoConvertor* є формування відео з альфа–каналом, тобто такого, яке містить прозорий фон навколо об'єкта. Такий тип відео є особливо важливим у випадках, коли потрібно накладати зображення чи відеооб'єкти поверх інших композицій – наприклад, в ігрових рушіях, AR/VR–середовищах, стрілецьких тренажерах, презентаціях тощо.

Ключові функції *VideoConvertor*:

- завантаження відео у підтримуваному форматі;
- видалення фону на основі кольорового діапазону, зокрема: прибирання фону по зеленому кольору (*Green Screen*), налаштування порогу чутливості (*Threshold*), насиченості кольору (*Saturation*), розмивання країв (*Feathering*);
- створення альфа–каналу – прозорого шару, який зберігається у відеофайлі при експорті;
- обрізка (*Crop*) та масштабування відео (*Scale*);
- обрізання за часом (*Cut*) – визначення початкової та кінцевої тривалості відеофайлу;
- експорт відео у форматі з підтримкою прозорості (*.mov RGBA*).



Рис. 3.12. Інтерфейс *VideoConvertor*

Програма функціонує за принципом простого хромакейного фільтра, який дозволяє позбутися однорідного фону, зазвичай зеленого або синього.

Після завантаження відео користувач має змогу налаштувати параметри, що контролюють:

- чутливість до вибраного кольору;
- ширину діапазону видалення;
- згладження країв;
- використання м'якого альфа-каналу (*Soft Alpha*), що забезпечує плавний перехід між об'єктом і прозорістю.

Програма не використовує штучного інтелекту або складного аналізу руху, але дозволяє ефективно і швидко обробляти відео з чітким контуром об'єкта і контрастним фоном. Це забезпечує високу швидкість рендерингу та зручність у роботі.

Після попередньої обробки відеоматеріалу (зокрема видалення фону у програмі *Adobe Premiere Pro* (в ході дослідження було зроблено висновок, що видалення фону в даному ПЗ є більш якісним)) було здійснено технічне доопрацювання відеофутажів у програмі *VideoConvertor*. Основним завданням цього етапу було формування якісного контуру об'єкта, створення альфа-

каналу, обрізка кадру, масштабування зображення та збереження результату у відповідному форматі з підтримкою прозорості.

Першим кроком стало завантаження відеофайлу у програму за допомогою кнопки *Load Video*. Після імпорту відобразився попередній перегляд, що дало змогу проаналізувати якість відео й визначити подальші параметри обробки.

Незважаючи на те, що фон на відео був попередньо видалений, було необхідно провести додаткову обробку країв об'єкта, аби отримати чіткий і візуально охайний контур. Для цього були застосовані наступні параметри:

1. *Threshold* – використовувався для уточнення прозорості у прикордонних зонах між об'єктом та залишковими напівпрозорими пікселями. Регулювання цього параметра дозволило видалити непомітні на тлі артефакти та зробити фон повністю прозорим;

2. *Saturation* – було використано для додаткової фільтрації фону за колірною насиченістю, що допомогло у випадках із неоднорідним або частково приглушеним фоном;

3. *Feather (Dilate/Feather)* – дозволив згладити краї об'єкта, уникнути «зубчастого» або жорсткого контуру, що часто виникає після прибирання фону;

4. *Soft Alpha* – активувався для створення м'якого переходу від об'єкта до прозорого фону, що забезпечило більш природний вигляд і візуальну інтеграцію під час подальшого використання футажу.

Завдяки ретельному налаштуванню цих параметрів було досягнуто якісного візуального результату навіть у випадках, коли початкова якість відео була посередньою. Контури об'єкта виглядали чіткими, плавними й естетично привабливими.

Далі було застосовано функцію *Crop Video* – для кадрування відео. З її допомогою було видалено зайві ділянки кадру, зокрема ті, що не містили важливої візуальної інформації або створювали зайвий простір навколо об'єкта.

Також виконано обрізку тривалості відеофайлу у розділі *Cut Video*, де вручну були виставлені початкова та кінцева точки відео. Це дозволило

залишити лише необхідний фрагмент, що містив ключову дію (наприклад, момент пострілу).

Після встановлення усіх параметрів було застосовано команду *Rescale Video*. В результаті програма перерахувала та застосувала зміни масштабування, обрізки та тривалості, сформувавши фінальне відео (рис. 3.13).

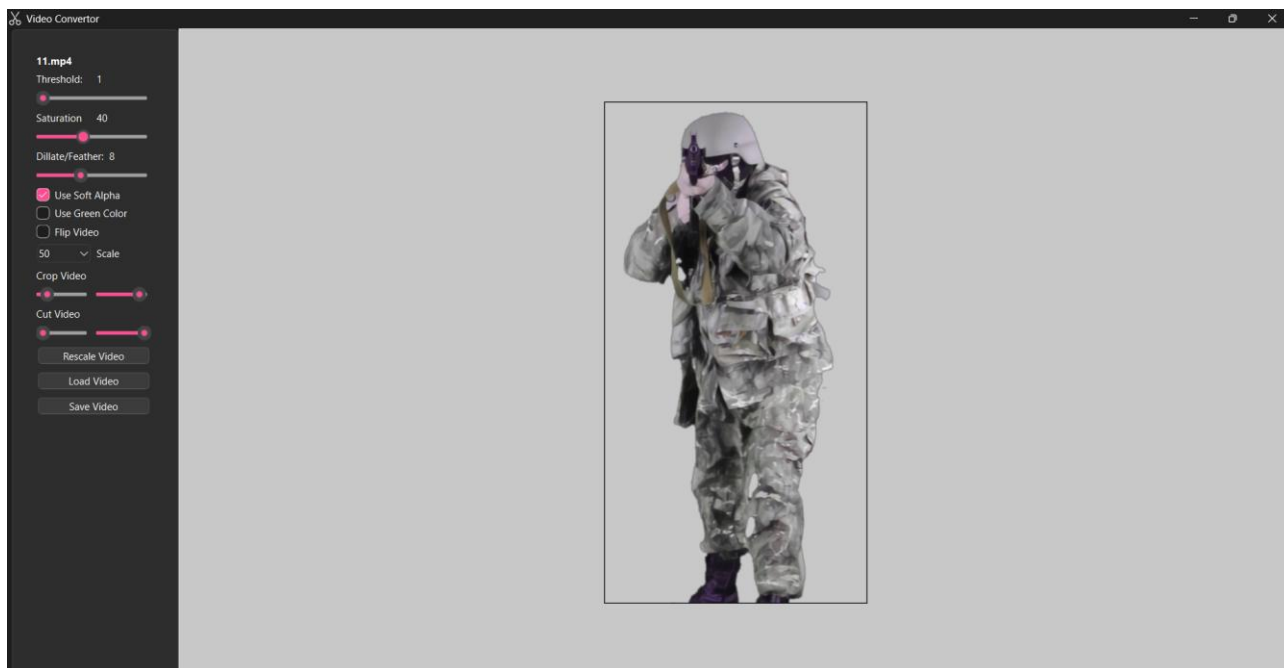


Рис. 3.13. Процес обробки відеофутажу у *VideoConverter*

На завершальному етапі виконано експорт відеофайлу з альфа-каналом. За допомогою кнопки *Save Video* було збережено оброблений матеріал у форматі *.mov*.

3.4. Пост обробка відеофутажів

Після експорту футажу з *VideoConverter* робота знову переходить до *Adobe Premiere Pro*, де буде відбуватись додавання ефектів та фінальний експорт. Робота проходить у такому порядку тому що після обробки у *VideoConverter* відео не має звуку, а якщо додати ефекти після обробки у

VideoConvertor, то звук буде, головне слідкувати за тим, щоб альфа-канал зберігся при експорті.

Отже отримані результати з *VideoConvertor* імпортуються в робоче середовище *Adobe Premiere Pro*. Загалом візуальні ефекти застосовуються шляхом накладання спеціального футажу на якому зображений постріл, тому спершу було проведено пошук відповідних матеріалів. Такі спеціалізовані футажі з ефектами вже мають прозорий фон, тому потрібно спочатку знайти момент на таймлайні, де повинен бути ефект пострілу, потім змінити положення та розмір футажу з ефектом пострілу відповідно до головного відеофутажу і таким чином отримуємо візуальний ефект з пострілом зі зброї (рис. 3.14)

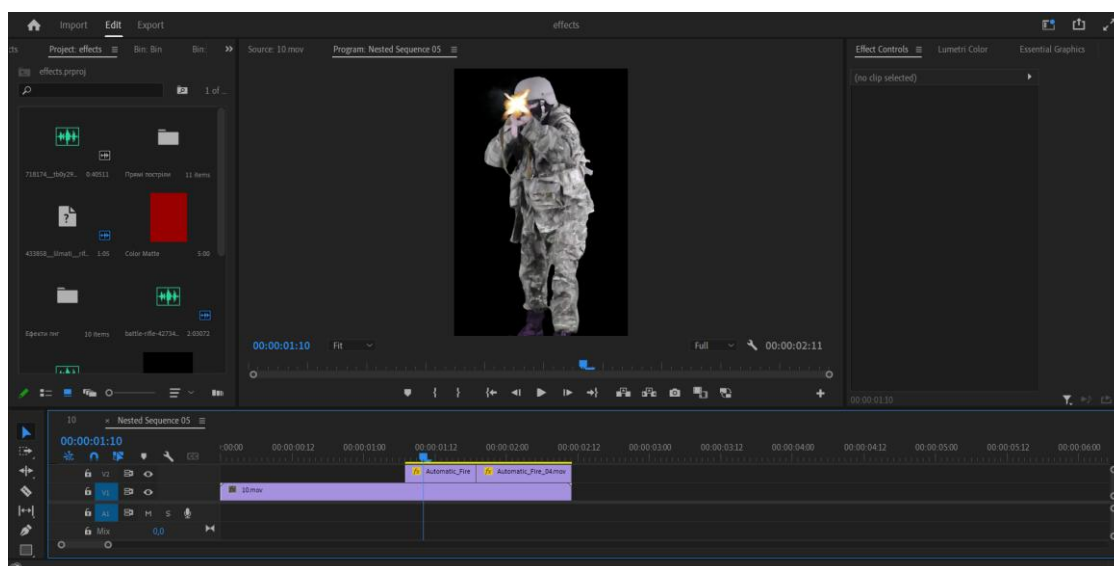


Рис. 3.14. Додавання візуальних ефектів

Також для підтримки високого рівню реалістичності потрібно використовувати і звукові ефекти також. Застосовуються вони загалом за таким же принципом – шляхом перетягування звукових файлів до відповідного моменту на таймлайні (рис. 3.15). Тому відповідно попередньо було здійснено пошук матеріалів для їх подальшої інтеграції до відеофутажів.

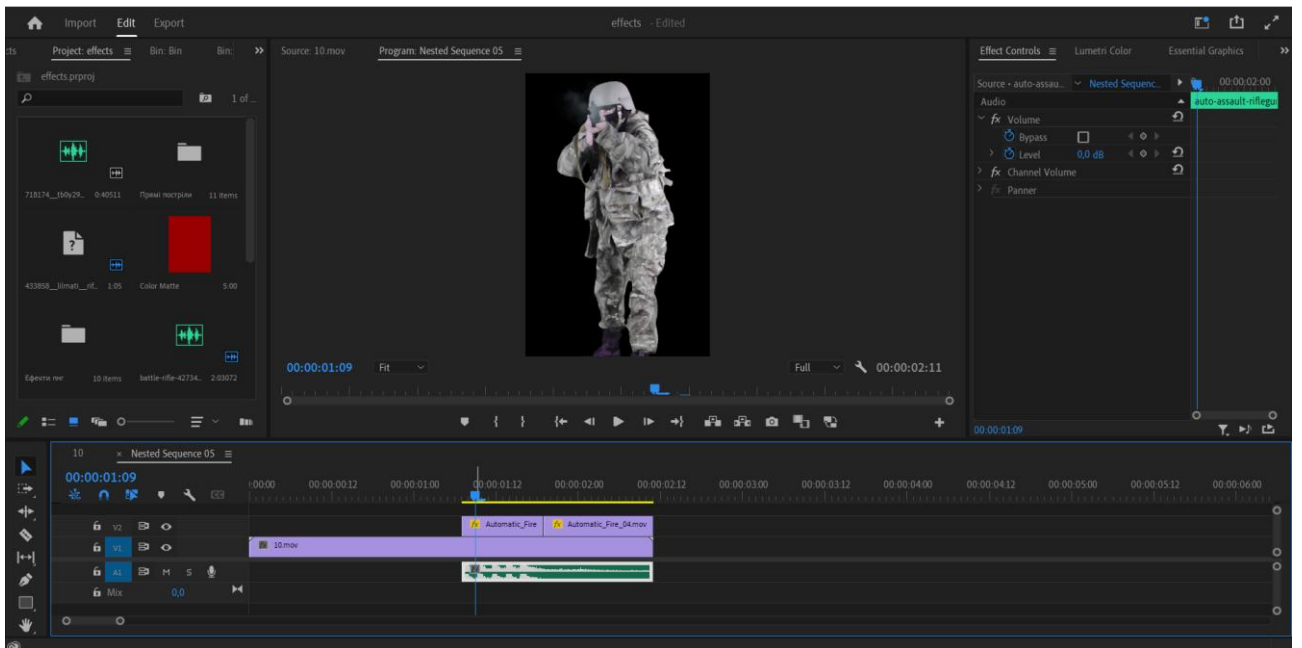


Рис. 3.15. Додавання звукових ефектів

За таким же принципом, але зрізними візуальними та звуковими ефектами було оброблено інші відеофутажі.

Фінальним етапом у підготовці комплекту відеофутажів був їх експорт у форматі *QuickTime*.

Експорт є важливою частиною на цьому етапі (рис. 3.16).

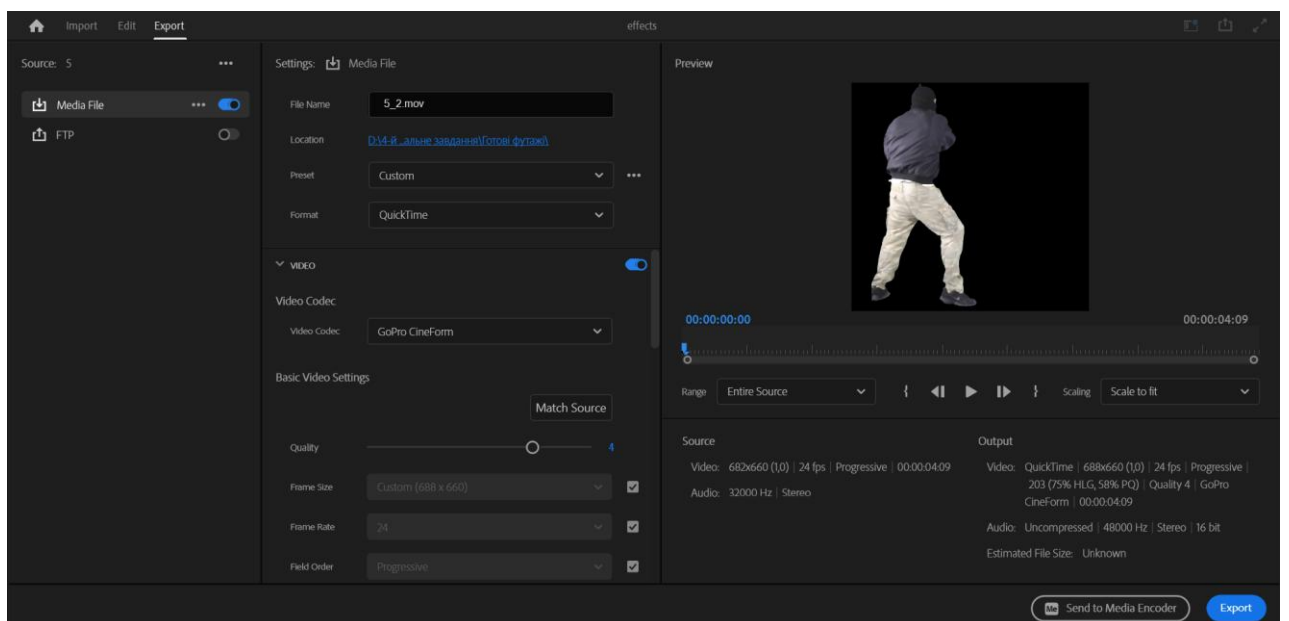


Рис. 3.16. Фінальний експорт відеофутажів

У ході дослідження було виявлено, що оптимальним варіантом для експорту у форматі *.mov* є кодек *GoPro CineForm*, оскільки його гнучкість у налаштування параметрів експорту є набагато вищою ніж у класичних кодеках з підтримкою альфа-каналу. Він дозволяє налаштовувати параметри експорту дотримуючись балансу між якістю і обмеженнями на об'єм файлу.

Висновки до розділу

У третьому розділі було реалізовано практичну частину кваліфікаційної роботи, що охоплювала повний цикл підготовки відеофутажів – від аналізу прототипів до фінального експорту у форматі з підтримкою прозорого фону. Під час аналізу наявних футажів, які раніше застосовувались у стрілецьких тренажерах, було виявлено низку недоліків: знижена роздільна здатність, артефакти стиснення, відсутність чітких контурів об'єктів, ускладнення при виділенні фону та нестача візуальної глибини сцени. Це стало підставою для використання сучасних інструментів, зокрема технологій штучного інтелекту, для поліпшення якості відеоматеріалів.

На етапі попередньої обробки було здійснено покращення відео в середовищі *Topaz Video AI*, де виконано збільшення роздільної здатності (*Upscale*), зменшення шумів та стабілізацію зображення. Було вивчено принцип роботи даного ПЗ, а також досліджено оптимальні налаштування для збереження балансу між якістю відео та обсягом файлу. Застосування моделей ШІ дозволило значно підвищити візуальну чіткість і деталізацію матеріалів.

Далі обробка продовжилась у програмі *Adobe Premiere Pro*, де було реалізовано прибирання фону за допомогою інструменту *Ultra Key*. Додатково виконувалася базова кольорокорекція з метою підвищення контрастності та адаптації відео до подальшої обробки. Отримані матеріали, очищені від фону, були підготовлені до створення альфа-каналу.

Формування прозорого фону здійснювалося в спеціалізованій програмі *VideoConvertor*, де за допомогою параметрів прибирання фону, згладжування

країв та обрізки було створено остаточну версію відеофайлів із альфа–каналом. Особлива увага приділялася технічній акуратності – точному налаштуванню контурів, масштабуванню об'єктів і точності обрізки тривалості відеофрагментів.

Завершальним етапом стала постобробка, яка включала додавання візуальних і звукових ефектів, що підвищують реалістичність та емоційний вплив футажів. Фінальний експорт було здійснено у форматі *QuickTime* із використанням кодека *GoPro CineForm*, що забезпечує збереження альфа–каналу та дозволяє регулювати параметри відео на етапі рендеру.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження було розглянуто актуальну проблему створення якісних відеофутажів для інтерактивних стрілецьких тренажерів. Доведено, що футажі є критично важливими компонентами таких систем, адже саме вони визначають ступінь візуального занурення, достовірності сценарію та ефективності навчального процесу. Увагу зосереджено на оптимізації процесу створення та покращення існуючих футажів за допомогою сучасних інструментів, зокрема технологій штучного інтелекту.

По–перше, здійснено ґрунтовний аналіз наукової літератури з тематики мультимедійних засобів, зокрема щодо відеофутажів. Розкрито їх роль у формуванні візуального контенту, принципи використання у навчальних системах, особливості структури та методи обробки. Виявлено, що відеофутажі є важливим елементом візуальної комунікації, особливо в інтерактивних середовищах, де необхідна висока якість зображення та адаптивність до сценаріїв.

По–друге, проаналізовано сучасні інтерактивні стрілецькі тренажери, їх функціональні особливості, принципи реагування на дії користувача та використання відеоматеріалів для моделювання ситуацій. Визначено, що такі системи потребують високоякісних, адаптованих відеофутажів, які можуть гнучко змінюватися відповідно до сценарію, реагуючи на координати пострілу або інші дії користувача.

Було розглянуто вимоги до відео, що застосовуються в інтерактивних системах. Особливу увагу приділено формату відео з прозорим фоном – альфа–каналом, який дозволяє накладати відеофутажі на віртуальне середовище без потреби в складному композитингу. Вияснено, що саме правильний експорт з альфа–каналом дає можливість інтегрувати футажі у тренажерні системи з мінімальними витратами часу на адаптацію.

Наступним кроком був аналіз програмного забезпечення для створення та обробки відеофутажів. Було розглянуто низку професійних інструментів, після чого обґрунтовано вибір саме *Adobe Premiere Pro* як основного редактора та *Topaz Video AI* як засобу покращення якості. Також досліджено можливості технологій штучного інтелекту – збільшення роздільної здатності, шумозаглушення, стабілізація, автоматичне видалення фону – як перспективних методів, що дають змогу обробляти навіть неідеальні відео з високим кінцевим результатом.

У фінальному етапі роботи було розроблено комплект відеофутажів, адаптованих для інтеграції у стрілецький тренажер. Відео оброблено відповідно до технічних вимог: підвищено роздільну здатність, усунуто шум і тремтіння кадру, створено та збережено прозорий фон. Результати показали ефективність застосованих інструментів і можливість масштабування запропонованого підходу на більші обсяги матеріалу.

Таким чином, робота досягає поставленої мети, має як наукову, так і практичну значущість, а отримані результати можуть бути використані при розробці подібних тренажерних систем та в суміжних мультимедійних проєктах.

СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Emily Malone. The History and Evolution of Video Production.* URL: <https://www.venturevideos.com/insight/the-history-and-evolution-of-video-production> (дата звернення 17.05.2025)
2. «Footage». URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Footage#:~:text=In%20filmmaking%20and%20video%20production,A%20movie%20camera> (дата звернення 17.05.2025)
3. *Indeed Editorial Team. A Complete Guide to Common Video Formats (And Key Features).* URL: <https://sg.indeed.com/career-advice/career-development/video-formats#:~:text=Central%20features%20of%20a%20video,264%2C%20H>. (дата звернення 17.05.2025)
4. *Nitin Meena. Understanding Digital Video – Formats, Codecs, Containers.* URL: <https://www.gumlet.com/learn/understanding-video-formats-codecs-containers/> (дата звернення 17.05.2025)
5. *Technical Knowledge What are Codec and Container Format?* URL: <https://www.datavideo.com/us/article/535/the-last-mile-post-production-understanding-codec-container-and-video-format> (дата звернення 17.05.2025)
6. *Marion Gerlinger. The Alpha Channel.* URL: <https://www.linearity.io/blog/alpha-channel/> (дата звернення 18.05.2025)
7. *Christopher Karel. The 6 Types of Video for Learning.* URL: <https://learningcarton.com/the-6-types-of-video-for-learning/> (дата звернення 18.05.2025)
8. *Briah Handa-Oakley. What is Video Simulation Training? How Do You Use It?* URL: https://www.retorio.com/blog/what-video-simulation-training#What_is_video (дата звернення 18.05.2025)
9. *Near-life. Keeping it real – how interactive video and immersive learning support healthcare simulations.* URL: <https://near-life.tech/keeping-it-real-how->

interactive–video–and–immersive–learning–support–healthcare–simulations/ (дата звернення 18.05.2025)

10. Algimantas Fedaravičius, Kestutis Pilkauskas, Egidijus Slizys, Arvydas Survila. *Research and development of training pistols for laser shooting simulation system. C. 1 – 2. URL:*

https://www.researchgate.net/publication/333939267_Research_and_development_of_training_pistols_for_laser_shooting_simulation_system (дата звернення 15.05.2025)

11. *MILO*: веб-сайт. URL: *<https://www.faac.com/milo/>* (дата звернення 18.05.2025)

12. *Could Brothers. Virtual Shooting Simulator Defense Training at Vortex Edge. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ApGEAmOMYPo>* (дата звернення 18.05.2025)

13. *SES. Shooting Simulators – What you Really Need to Know. URL: <https://www.sportsentertainmentspecialists.com/shooting/understanding–shooting–simulators>* (дата звернення 18.05.2025)

14. Antonio Jose Melo Leite Junior, George Allan Menezes Gomes, Natal Chicca, Alysson Diniz dos Santos, Creto Vidal, Joaquim Bento Cavalcante-Neto, Marcelo Gattass. *System Model for Shooting Training Based on Interactive Video, Three-Dimensional Computer Graphics and Laser Ray Capture. URL: <https://www.schoolofmotion.com/blog/what–is–adobe–after–effects>* (дата звернення 19.05.2025)

15. *Mindstamp. How To Use Interactive Video Branching. URL: <https://mindstamp.com/help/how–to–use–interactive–video–branching>* (дата звернення 15.05.2025)

16. *Adventr. Branching Video. URL: <https://adventr.ai/branching–video/>* (дата звернення 20.05.2025).

17. Бобарчук О. А. Методи підвищення точності позиціювання лазерної навчальної зброї в інтерактивних лазерних стрілецьких тренажерах // Науково–

практ. конф. «Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності»: тези доп. К.: НАУ, 2020. с.15.

18. *Karen Nelson. Screen Resolution Comparison: 720p VS 1080p VS 4K VS 8K. URL: <https://videosolo.net/screen-resolution-comparison/>* (дата звернення 18.05.2025)

19. *YouTube resolution comparison using NASA and Roscosmos imagery. URL: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:YouTube-resolution-comparison.jpg?uselang=uk>* (дата звернення 20.05.2025)

20. Інститут новітніх технологій в освіті, ІНТО: веб-сайт. URL: <https://into-edu.com/> (дата звернення 23.05.2025)

21. *albobar1. Інтерактивний стрілецький лазерний тир ePresenter T1 (укр). URL: https://www.youtube.com/watch?v=63x_M06T-FQ* (дата звернення 20.05.2025)

22. *erikaluu. how use Detectron2 output Binary Mask image. URL: <https://github.com/erikaluu/omnimatte/issues/18>* (дата звернення 20.05.2025)

23. *The QuickFrame Team. Chroma Key: What Is It & How Do You Use It? URL: <https://quickframe.com/blog/chroma-key/>* (дата звернення 22.05.2025)

24. *David Sinai. The Ultimate Guide to AI Tools Used in the Post-Production of Videos. URL: <https://picsera.com/ai-tools-used-in-the-post-production-of-videos/>* (дата звернення 23.05.2025)

25. *Wajahat Productions. How to Upscale Image with AI Filter in Photoshop – NEW METHOD. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=lrG576R9Tx4>* (дата звернення 19.05.2025)

26. *Michael Muchmore. The Best Video Editing Software for 2025. URL: https://www.pcmag.com/picks/the-best-video-editing-software?test_uuid=02LlF0iWKsilxYTJVF8uH5y&test_variant=A* (дата звернення 22.05.2025)

27. *Echo. Topaz Video AI Review 2025: Is It Worth the Price? URL: <https://unifab.ai/resource/topaz-video-ai-review>* (дата звернення 19.05.2025)

28. *Echo. Best Free AI Video Upscaling Software in 2025 [Windows, Mac, Online & Open Source]. URL: <https://unifab.ai/resource/free-ai-video-upscaling-software#6136> (дата звернення 19.05.2025)*

29. *Ali Hasan Ali, Mohammed RASHEED, Suha Shihab, Taha Rashid, Saad Hussein. A Modified Heat Diffusion Based Method for Enhancing Physical Images. URL: https://www.researchgate.net/publication/350432472_A_Modified_Heat_Diffusion_Based_Method_for_Enhancing_Physical_Images (дата звернення 23.05.2025)*

ДОДАТКИ

Додаток А

Інструкція з використання *VideoConverter*

Video Converter – це спеціалізований інструмент для обробки відеофутажів, який дозволяє вирізати фон, налаштувати прозорість (альфа-канал), кадрувати та обрізати відео перед експортом у формат із альфа-каналом.

1. Завантаження відео

Натисніть кнопку *Load Video* та оберіть файл у форматі підтримуваному форматі.

2. Основні параметри обробки

Параметр	Призначення
<i>Threshold</i> (Поріг)	Визначає, наскільки агресивно фон буде вважатися прозорим. Чим вище значення – тим більше кольорів буде видалено.
<i>Saturation</i> (Насиченість)	Контролює чутливість до кольору при вирізанні фону. Може допомогти точніше ізолювати об'єкт.
<i>Dilate/Feather</i> (Розмивання)	Згладжує край видаленого фону, усуваючи «зубчастість» контуру.
<i>Use Soft Alpha</i>	Увімкнення м'якої прозорості для більш природного краю об'єкта.
<i>Use Green Color</i>	Увімкнення прибирання фону по зеленому кольору (хромакей). Якщо фон був зеленим – ця функція обов'язкова.
<i>Flip Video</i>	Дзеркальне відображення відео (по горизонталі).

3. Масштабування

Параметр	Призначення
<i>Scale</i>	Масштаб відео. Можна змінювати значення для збільшення або зменшення розміру.

4. Обрізка та кадрування

Параметр	Призначення
<i>Crop Video</i>	Кадрування відео (обрізання країв). Використовуйте повзунки для точного обрізання.
<i>Cut Video</i>	Обрізка тривалості (обрізає початок або кінець відео).

5. Експорт результату

- Коли результат влаштовує, натисніть кнопку *Rescale Video* (якщо змінювався масштаб), це також обріже відео з обох боків по кінцевих точках об'єкту, що відділявся від фону і навколо якого й створюється альфа шар.
- Потім натисніть *Save Video* – програма збереже відео у форматі *.mov* з альфа-каналом.