

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет**

**Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Сергій ЖУК  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою**

**«Радіотехнічні інформаційні технології»**

**зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

**на тему: «Алгоритм створення панорамних зображень»**

Виконав (-ла):  
студент (-ка) II курсу, групи РТ-91мп  
Гончар Віталій Ігорович \_\_\_\_\_

Керівник:  
Ст.викладач, к.т.н.  
Вишневий Сергій Валерійович \_\_\_\_\_

Рецензент:  
Доцент, к.т.н.  
Мовчанюк Андрій Валерійович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.  
Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 .....	6
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАНОРАМНИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	6
1.1 Поняття про панорамні зображення.....	6
1.2 Огляд програм для створення панорам .....	15
РОЗДІЛ 2 .....	21
ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ПАНОРАМНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ OpenCV .....	21
2.1 Загальна схема рішення .....	21
2.2 Методи, що використовуються.....	24
2.3 Афінне перетворення .....	36
2.4 Опис алгоритму і результати.....	47
РОЗДІЛ 3 .....	56
СТВОРЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ .....	56
3.1 Опис ідеї стартап-проекту .....	56
3.2 Технологічний аудит ідеї проекту .....	59
3.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту .....	61
3.4 Розроблення ринкової стратегії проекту .....	73
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Протягом довгих років людство приділяє особливу увагу розвитку інформаційних технологій. Сучасне суспільство неможливо уявити без інформаційних технологій. Інформаційні технології як прогресують розвиток людства, так і регресують розвиток людства. Нові технології є головною рушійною силою вже до існуючих сил світового ринку.

Розробка інноваційних технологій є дуже важливою і цікавою сферою діяльності людини. Людина може розробити щось нове, створити те, що допоможе людям, при цьому він може не загнати себе в рамки і надати собі політ думок.

Панорамна фотозйомка - різновид зйомки з великим кутом охоплення сцени. Застосовується в разі, коли стандартні кути огляду об'єктивів недостатні для відображення всієї необхідної сцени.

За допомогою панорамних методик ми отримуємо можливість "зловити в кадр" більше простору, ніж при використанні стандартного комплекту фототехніки. Питаннями панорамної зйомки фотографи стурбовані давно. І якщо раніше зусилля конструкторів фототехніки, професійних фотографів і любителів були спрямовані на апаратні рішення, то тепер більш перспективними бачаться рішення програмні.

Поставленому завданню в цілому присвячено достатню кількість літератури. Однак не можна не відзначити, що, як правило, вона вже вимагає від читача певної підготовки.

Для початку відзначимо кілька фундаментальних праць. Хорошим введенням в область обробки зображень є книги [3] і [4]. Перша носить виключно теоретичний характер, друга - більш практичний. В обох випадках представлені базові поняття і найбільш популярні методи, що стосуються фільтрації в просторовій і частотній області, стиснення, морфологічної обробки і сегментації. Оглядовими, але в той же час дуже хорошими книгами

по комп'ютерному зору є [33], [21]. У них поверхнево зачіпаються всі основні підобласті: знаходження і зіставлення особливих точок, побудова 3D структури по набору зображень, оцінка руху, розпізнавання. Зокрема, розділ 9 книги [33] присвячений темі даної роботи. В обох книгах міститься величезна кількість посилань на наукові статті, присвячені відповідним темам. Розібратися у всіх геометричних аспектах роботи з камерами, зображеннями і відео допоможе книга [21].

З окремими питаннями поставленого завдання можна ознайомитися в згаданих працях. Однак основна література з даної та суміжних тем представлена численними працями конференцій, серед яких можна відзначити ICCV, ECCV, CVPR і російську GraphiCon, і статтями в журналах, наприклад, IJCV. Відзначимо кілька популярних статей. Стаття [32] містить спільне бачення проблеми і пропонує основні методи для її вирішення. У [18] розглядається питання про автоматичне виділення декількох панорам з одного загального набору зображень. Робота [17] деталізує і доповнює [18] парою кроків. Стаття [34] розглядає завдання побудови кругової панорами по відео. Також багато статей присвячується окремим частинам проблеми-реєстрації, усунення спотворень камери, усунення проблем, пов'язаних з мінливістю освітлення і т. п.

**Метою роботи** є дослідження алгоритму створення панорамних зображень.

Відповідно до мети роботи необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розглянути поняття про панорамні зображення.
2. Провести огляд програм для створення панорам .
3. Проаналізувати особливості створення панорамних зображень за допомогою OpenCV.
4. Дослідити створення стартап-проекту.

**Об'єкт дослідження** - особливості створення панорамних зображень.

**Предмет дослідження** - алгоритм створення панорамних зображень за допомогою OpenCV.



***Структура роботи.*** Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та додатків.

## **РОЗДІЛ 1**

### **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАНОРАМНИХ ЗОБРАЖЕНЬ**

#### **1.1 Поняття про панорамні зображення**

Віртуальна реальність – сучасна сфера інформаційних технологій, яка передбачає інструменти й засоби для створення штучного комп'ютерного інформаційного середовища, інтерактивного по відношенню до користувача. Поняття віртуальної реальності, або VR, об'єднує в собі апаратне та програмне забезпечення, необхідне для створення поглинаючого інтерфейсу взаємодії користувача. Метою даної технології є створення такого досвіду, який викликає в юзера відчуття присутності в штучному світі, реальності середовища та максимальної наближеності до реального світу, а також реалізація можливості штучної віртуальної реальності реагувати на дії користувача (responsibility). В результаті виконання поставлених перед VR задач буде створено такий інтерфейс взаємодії, який одночасно з властивою йому реалістичністю буде максимально зручним та інтуїтивно зрозумілим, що надаватиме йому перевагу при виборі юзерами технології взаємодії [5, с.36].

Властивості VR, на які потрібно орієнтуватися при створенні додатку з підтримкою віртуальної реальності:

- Правдоподібна - підтримує у користувача відчуття реальності того, що відбувається.
- Інтерактивна - забезпечує взаємодію з середовищем.
- Машинно-згенерована - базується на потужному апаратному забезпеченні.
- Доступна для вивчення - надає можливість досліджувати великий деталізований світ.

- Створює ефект присутності - залучає до процесу як мозок, так і тіло користувача, впливаючи на максимально можливе число органів почуттів [1].

Типи VR:

1. VR з ефектом повного занурення.

Цей тип передбачає наявність трьох факторів:

- Правдоподібна симуляція світу з високим ступенем деталізації.
- Високопродуктивний комп'ютер, здатний розпізнавати дії користувача і реагувати на них в режимі реального часу.
- Спеціальне обладнання, з'єднаний з комп'ютером, яке забезпечує ефект занурення в процесі дослідження середовища [1].

2. VR без занурення

Не кожному і не завжди потрібно повне занурення в альтернативну реальність. До типу «без занурення» відносяться симуляції з якісним зображенням, звуком і контролерами, в ідеалі трансльовані на широкоформатному екрані. Також в цю категорію потрапляють такі проекти, як археологічні 3D-реконструкції древніх поселень або моделі будівель, які архітектори створюють для демонстрації своєї роботи клієнту. Всі перераховані вище приклади не відповідають стандартам VR в повній мірі, але дозволяють відчувати модельований світ на кілька рівнів глибше, ніж інші засоби мультимедіа, а тому зараховуються до віртуальної реальності.

3. VR на базі інтернет-технологій.

Фахівці в області комп'ютерних наук розробили спосіб створення віртуальних світів в Інтернеті, використовуючи технологію віртуальної реальності Markup Language, аналогічну HTML. Вона на якийсь час була обділена увагою і зараз вважається застарілою, але з огляду на зростаючий інтерес Facebook до VR, в майбутньому віртуальна реальність обіцяє ґрунтуватися не тільки на взаємодію, але і на інтернет-технології.

Області застосування VR:

1. Навчання

VR використовується для моделювання середовища тренувань в тих заняттях, в яких необхідна попередня підготовка: наприклад, керування літаком, стрибки з парашутом і навіть операції на мозку.

## 2. Наука

VR дозволяє поліпшити і прискорити дослідження молекулярного і атомного світу: занурюючись у віртуальному середовищі, вчений може поводитися з частинками так, ніби це кубики LEGO.

## 3. Медицина

Крім допомоги в навчанні хірургів, технологія VR виявляється корисною і на самих операціях: лікар, використовуючи спеціальне обладнання, може керувати рухами робота, отримуючи при цьому можливість краще контролювати процес.

## 4. Промисловий дизайн та архітектура

Замість того, щоб будувати дорогі моделі машин, літаки або будівлі, можна створити віртуальну модель, що дозволяє не тільки дослідити проект зсередини, але і проводити тестування його технічних характеристик.

## 5. Ігри та розваги

На даний момент це найвідоміша і найширша область використання VR: сюди входять як гри, так і кіно, віртуальний туризм і відвідування різних заходів [8, с. 3].

Віртуальна реальність дозволяє користувачеві зануритися у віртуальний світ, на відміну від звичайних екранів перед користувачем, які не дозволяють отримати такий досвід. VR може містити в собі 4 з 5 почуттів, включаючи зір, слух, дотик і, можливо, навіть запах. З цією силою, VR може помістити людину до віртуального світу досить легко.

Найочевиднішою різницею між віртуальною реальністю і традиційними дисплеями є спосіб представлення графіки користувачу. Тобто, графіка для віртуальної реальності не потребує автоматично бути кращою або гіршою, але саме представлення принципово відрізняється від плоского досвіду, на який ми покладалися на протязі десятиліть.

Головною складовою віртуального туру є панорами. Для їх створення можна застосовувати різні технології і методи. Можна використовувати і різну техніку: телефони, фотоапарати, планшети. Так наприклад, розроблено багато програм для телефонів, щоб фотографувати панорами, але вони обмежують кут огляду до 180 градусів. Можна зробити віртуальний тур і з таких неповних панорам, але завжди цікаво, а що там за цими 180. Тому найбільш оптимальним пристроєм для панорам на сьогодні є фотоапарат. Використовуючи фотоапарат можна зробити панорами, які будуть відображати повну картину на 360 градусів, майже таку, яку бачить фотограф. Порожній комплект обладнання для 3D-панорами наступний: фотоапарат з об'єктивом, штатив і панорамний головка.

Панорами можуть бути двох типів – сферична (рис 1.1) або кубічна (рис 1.1).



Рисунок 1.1 - Сферична панорама



Рисунок 1.2 - Кубічна панорама

Сферична панорама більш прийнятна для людського ока. Вона призначена, в першу чергу, для показу на комп'ютері за допомогою спеціального програмного забезпечення. Для її отримання необхідно розрізати сферу і розкласти її на площині, при цьому розтягуючи верх і низ (зеніт і надир) для отримання прямокутного зображення. Характерна риса сферичних панорам - це максимально можливий кут огляду ( $360 \times 180$  градусів). Такий кут огляду дозволяє повністю відобразити навколишній простір. Для отримання 3d-панорами необхідно помістити зображення сферичної або кубічної проекції на сферу або куб відповідно. При створенні кубічної проекції необхідно помістити сферу з зображенням всередину куба зі стороною, яка дорівнює діаметру сфери. Після цього треба спроектувати сферу на кожну сторону і розрізати вийшов куб. В результаті таких маніпуляцій отримаємо проекцію у вигляді 6 сторін куба, кожна з яких відображає частину сфери розміром  $90 \times 90$  градусів щодо точки огляду: фронтальна, права, тилова, і ліва проекція, а також верх (вища точка) і низ (нижча) сфери. Дана проекція більш зручна для редагування зображення, так як в ній відсутні спотворення, які утворюються при сферичній проекції.

По віртуальному туру можна переміщатися, використовуючи спеціальні переходи і орієнтуючись по карті, на якій вказуються центри віртуальних панорам і напрям погляду користувача. Перехід - спеціальна технологія, що дозволяє об'єднувати декілька віртуальних панорам в віртуальні тури. Завдяки наявності таких переходів, у користувача створюється враження, що він переміщується з одного приміщення в інше так, як це було б в реальності [11].

Плавні переходи підтримують відчуття безпосереднього присутності, реального пересування. Використання цієї технології дозволяє створювати цікаві віртуальні тури по заповідникам, музеям, виставкам та іншим об'єктам, де для повноти необхідна цілісність сприйняття декількох панорам. Користувач легко може визначити, де він знаходиться в даний момент і куди дивиться, вибрати маршрут, по якому він хоче зробити віртуальну прогулянку.

Активна зона - спеціальні області в віртуальних панорамах, що представляють собою посилення на подальші дії. Залежно від заданої мети, далі можуть слідувати варіанти: перехід на іншу панораму, відкриття нового вікна браузера з додатковим описом об'єкта, можливість наблизити або віддалити цікавий предмет, розгорнути картину під потрібним кутом і т.д. Процес створення віртуальних турів досить трудомісткий. Його можна розділити на кілька етапів: пошук ідеї, фотозйомка об'єкта, обробка отриманих зображень, кінцеве складання віртуального туру. Перший етап створення віртуального туру, як і будь-якого творчого процесу, пов'язаний з пошуком основної ідеї. Спочатку необхідно чітко сформулювати головну мету і завдання, які необхідно виконати. Далі проходить пошук інформації та її розгляд з метою знайти єдиний задум, який повністю відповідатиме завданням. Другий етап створення віртуальних турів - зйомка об'єкта. Від результатів зйомки буде залежати якість панорами. На місце зйомки виїжджає професійний фотограф, робота якого займає кілька годин в залежності від погодних умов, площі об'єкта, освітлення всередині приміщень та інших

факторів. Необхідно також враховувати безліч нюансів, таких як правильний кут нахилу, відстань до об'єктів і між ними. Обладнання, яке використовується для зйомки панорам, безпосередньо впливає на кінцевий результат. Сьогодні маса можливостей створити сферичну панораму будь камерою, навіть плівковою «мильницею», не використовуючи професійну техніку та програмне забезпечення. Але найкращих результатів, при мінімальній кількості кадрів, можна досягти, використовуючи цифрову дзеркальну камеру або хоча б просунуту цифрову компактну камеру, яка дозволяє встановити ширококутний об'єктив. Наприклад, можна зняти панораму на смартфон або планшет з спеціальною програмою для зйомки сферичних панорам. Ця програма дозволяє знімати і зшивати отримані фотографії в автоматичному режимі в 360x180 панораму в еквідистантним проекції. зшиті таким чином панорами не завжди високої якості. Існують панорамні камери, що працюють повністю в автоматичному режимі [17].

Залежно від використовуваного об'єктива, такі камери виготовляють циліндричні або сферичні панорами. Такі камери після установки на місце зйомки, не вимагають, зазвичай, практично ніяких втручань оператора. Крім того, деякі автоматичні панорамні камери оснащені функцією корекції відзнятого матеріалу і переведення в потрібний файл експорту, що дозволяє виробляти ці дії прямо на місці зйомки. Перевагою автоматичних панорамних фотокамер є висока швидкість зйомки і економія часу на пост обробку панорам. На всіх сферичних панорамах, виготовлених автоматичними камерами, спостерігається невеликий чорний коло в зоні надир, що говорить про те, що ні передбачена зйомка окремим кадром того місця, де стояв штатив. Також на ринок пристроїв для створення сферичних панорам зовсім недавно увійшли так звані «Камери 360» або сферичні камери.

За допомогою цього невеликого пристрою можна практично за одну секунду отримати сферичну панораму, зшити в один JPG файл. таке пристрій можна використовувати в тому випадку, коли потрібно швидко відзняти віртуальний тур, але можна знехтувати якістю і високою роздільною



здатністю 360x180 панорами. Такі камери не можуть забезпечити гідний рівень деталізації, який так важливий для віртуальної екскурсії. Щоб знімати професійні віртуальні екскурсії в високому дозволі буде потрібно професійне обладнання - дзеркальний фотоапарат, панорамний головка і відповідний штатив.

З появою цифрових засобів обробки фотографій стала можлива дуже точна склейка панорам з вихідних кадрів, як в горизонтальній, так і у вертикальній площині. Даний процес не вимагає великих витрат часу, професійні програми зшивають панорами одним натисканням кнопки. Сучасні технології дозволяють ретушувати шви панорам, створюючи при цьому ілюзію єдиного простору. Якщо послідовно відзняти 2-3 ряди кадрів, кожен з яких буде охоплювати 360 градусів, під різним нахилом камери до горизонту, то з сукупності цих кадрів вже можна зібрати панораму з повним кутом огляду і по вертикалі, і по горизонталі. В кінцевому підсумку вийде розгортка сферичної панорами.

Розглянемо кілька прикладів. Малюнок 1 являє собою фотографію об'єкта, виконану ширококутним об'єктивом (28 мм) з максимально можливого видалення. За умовами зйомки далі відійти неможливо. Ширини огляду не вистачає, видно лише фрагмент. Вихід із ситуації - панорама, яку можна бачити на рис. 1.3, 1.4. Схожі умови виникають при фотозйомці інтер'єрів і архітектури. Необхідно показати широке приміщення за умови явного нестачі простору (рис. 1.5).



Рис. 1.3

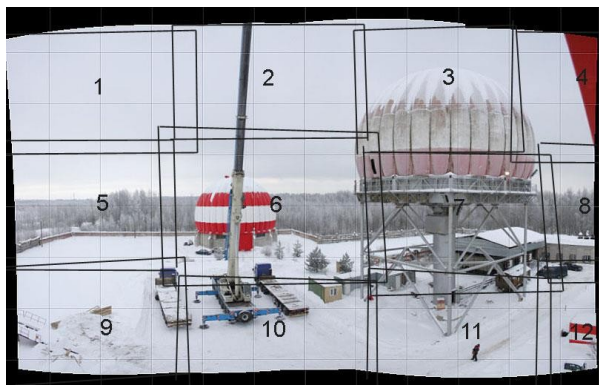


Рис. 1.4



Рис. 1.5. Кімната

Чудової краси фасади будівель часто просто нізвідки сфотографувати-далі стіни будинку навпроти не відійдеш при всьому бажанні (мал. 1.6).



Рис. 1.6. Зимовий палац

Інше застосування панорамної зйомки - в онлайн сервісах Яндекс панорами і Google Street View, які дозволяють здійснити віртуальну подорож по сотням міст, оглянути визначні пам'ятки, зорієнтуватися в незнайомому районі, подивитися на розв'язки і дорожні знаки.

Нарешті, сучасна відеотехніка дозволяє знімати відео у високій роздільній здатності, яке також можна використовувати для створення панорам. В цьому відношенні нині вельми популярні екшн-камери на зразок GoPro [13] .

Варто відзначити, що отримання підсумкового зображення – досить довгий і трудомісткий процес, як при ручному, так і автоматичному виконанні. У будь-якому випадку доводиться мати справу з оцінкою оптимальних параметрів зйомки, перспективними спотвореннями, зміною освітлення, переміщаються об'єктами і багатьом іншим. При програмному вирішенні завдання залучаються методи обробки зображень і комп'ютерного зору, які, як правило, вимагають великі обчислювальні витрати.

## **1.2 Огляд програм для створення панорам**

Для того щоб отримати якісну панораму потрібно дотримуватись декількох пунктів. Важливим моментом є те що зйомка ведеться з однієї точки, для цього потрібно визначити орієнтовно центр того приміщення та виставити там фотоапарат з штативом.

Під час створення панорами фотоапарат необхідно обертати не просто навколо своєї осі, а так званої нодальної точки. Найкраще використовувати панорамну головку в таких випадках, що дозволить добитися необхідного ефекту але при правильному використанні рухомої платформи на штативі також вистачить. Важливо закріпити фотоапарат в одному положенні і під час всього процесу зйомки не зміщувати його з місця [22].

Перекриття кадрів повинно становити хоча би 20%-30%

Процес зшивання панорами в програмі можливий в автоматичному режимі, якщо ж на областях фото що перекриваються присутні якірні точки. Вони дозволяють програмі робити плавні переходи між ключовими кадрами.

Створення панорами - процес, який включає в себе декілька етапів. Кожен з них вимагає достатньо часу та навичок. На початку зйомка велась без штатива, просто з рук. Оцінивши якість фото та проаналізувавши деякі матеріали було прийнято рішення знайти штатив. Причому це мав бути не простий штатив, а з рухомою платформою для того щоб можна було зробити коловий оберт та трьома ніжками які регулюються по висоті для більш стійкішого положення камери. Коли всі необхідні інструменти були знайдені, знову приступили до створення панорам [16].

Процес зйомки панорами виглядає таким чином:

- Обирається об'єкт фотографування
- Знаходиться центральна точка з якої буде вестись зйомка
- Виставляється штатив та закріплюється фотоапарат на ньому(важливо визначити оптимальну висоту, яка дозволить об'єктиву захопити максимальну кількість елементів на фото)
- Фотоапарат з рухомою платформою обертається навколо своєї осі та робить серію кадрів(необхідно зробити повний оберт і повернутись в початкове положення з якого починалась зйомка)

Зйомка аудиторій зайняла певний період. Не всі фото вдавались, тому доводилось перезнімати зіпсуті кадри. Щоб зрозуміти чи вдало відзнятий матеріал, кожного разу з серії фотографій створювалась панорама та перевірялась на імовірність дефектів. Якщо ж відзилення чи явний недолік був присутній - зйомка проводилась ще раз.

Щоб вдало об'єднати кадри вони мають накладатися один на одного в місцях перекриття. Щоб створити панораму достатньо і двох кадрів але тоді якість буде невисока. В основному знімають 4-8 вихідних кадрів на ширококутний об'єктив(якщо ж використовувати інший то необхідно більше кадрів).

При недостатньому освітленні, засвітах застосовують технологію HDRI, що в свою чергу знову ж таки збільшує кількість кадрів на виході. Якщо ж в кадр потрапив рухомий об'єкт, є необхідність зробити додаткові кадри адже пізніше нам доведеться програмно забирати дефекти, що не завжди є можливим. Зйомка сцени займає від 10 до 30 хвилин, в залежності від умов це значення може варіюватись [18].

Програми для створення панорамного зображення:

### ***Програма Hugin***

Програма яка дозволяє створювати панораму як автоматично так і самому, налаштовуючи і виставляючи параметри під себе. Підтримує зображення HDR. Працює в трьох режимах роботи:

- простий
- просунутий
- експертний

Це дозволяє працювати у програмі як новачку так і професіоналу. Вона автоматично визначає тип лінзи, що сприяє найкращому зшиванню панорами.

Також присутні інструменти роботи з кольором, масками та експозицією.

### ***Програма Kolor Autopano***

Автоматично розставляє контрольні точки, що дозволяє отримати панорамне зображення. З'єднання між фото будуть незамітні.

Ще одна програма з подібним функціоналом до попередньої. Але окрім панорами у програмі можна створювати віртуальний тур та експортувати його.

### ***Програма PTGui Pro***

Сама програма досить проста у користуванні але має достатньо функціоналу для того щоб створювати та редагувати панораму. Необмежена кількість додаваних фото. Доступна функція попереднього перегляду. Є можливість створення контрольних точок власноруч, масок та коригування експозиції. Розширений список налаштувань проекту.

### ***Програма Panoweaver.***

Професійна програма, проте за допомогою довідникової системи та навчальних матеріалів в ній зможуть розібратись і новачки. Віртуальні тури створені у цій програмі мають розширені навігаційні можливості. Класичне управління при перегляді панорам - клавішами та мишкою доповнене вбудованою діалоговою картою з ефектом компаса, що надає унікальних можливостей для керування віртуальними турами. Сама програма підтримує такі формати для об'єднання: JPG, PNG, TIFF. Можливість керувати процесом об'єднання зображень та виправлення недоліків які виникли під час зйомки(нерівний горизонт, зміщення з осі та інші фактори) безпосередньо в самій програм [25].

### ***Програма Tourweaver***

Створення сферичних або циліндричних панорам це не всі можливості даної програми. Тут також можна добавляти звукоряд, активні посилання, точки переходу, план або ж карта, зображення або ж просто текст. Встановлення точок для переміщення між панорамами надає інтерактивності туру. Є можливість добавлення корпоративної інформації про компанію. Велика бібліотека шаблонів, ефектів та переходів між панорамами. Ви з легкістю зможете налаштувати кожен параметр під себе у вкладці Properties. Налаштування об'єктів, їх положення, розміри дозволяє в кінцевому результаті отримати ефект який нам необхідний. Збереження туру може відбуватися на комп'ютер або ж загрузатись на сервер(вказавши FTP налаштування). Також можна сформувати файл для запуску туру з CD диска.

### ***Програма 360 VRbrochure Project***

Одним з цікавих представників є програма 360 VRbrochure Project. Окрім створення панорами, 3D віртуального туру та точок зв'язку між ними, можна добавити слайд шоу, інтерактивну карту і анімацію. Також можна підбирати готові шаблони, що дозволить створити ефект індивідуальності туру. Перегляд туру здійснюється в браузері, але також можна відкривати за

допомогою flash-програвача. Створений тур зручно та ефективно доносить інформацію до користувача.

### ***Програма SP\_STITCHER***

Підійде як для професійних фотографів так і для аматорів. Програма яка орієнтована на процес створення як зі стандартним панорамним устаткуванням так і не стандартним. Режими у яких вона працює - автоматичний або ж ручний. Можливість обробки фотографій, коригування кольору, а також оптимізація з'єднань між кадрами для більш реалістичного ефекту. Також можна добавляти аудіофайли, відеофайли, інтерактивний план та коментарі. За замовчуванням оглядач вбудований в саму програму що спрощує перегляд туру.

### ***Програма IPIX Multimedia Tool Kit***

Нескладна та зручна у користуванні програма, яка створює прості шаблонні тури. Зазвичай для своєї роботи використовують ріелтори. Складається з трьох модулів: IPIX e-gallery, IPIX Brochure та IPIX TV-Studio.

IPIX e-gallery - основна функція це створення простих турів для подальшої відправки на Email. Включає в себе шаблонні рішення що супроводжуються невеликим описом та інформацією про компанію;

IPIX Brochure - генератор простих турів в форматі електронної брошури. Додається даний тур на сайт задля покращення інформативності про компанію;

IPIX TV-Studio - редактор навігаційний турів. Можливість автоматичного переміщення. Зближення необхідних областей для кращого вивчення об'єкту. Сам тур може супроводжуватись мелодією [30].

### ***Програма Pano2VR***

Універсальна програма для створення віртуального туру. Функціонал достатньо широкий. Можливість виводу у такі формати як: HTML5, flash та QuickTime VR. Доступна можливість створення аудіо доріжки. Підтримка плоских, сферичних, циліндричних, пересічних та кубічних форматів. Програма підтримує такі формати для роботи: TIFF, JPG, PNG, PSD і

QuickTime VR (кодування файлів у JPEG). Дана програма являється універсальним інструментом. Вона дозволяє обробляти фото без додаткових навиків.



## РОЗДІЛ 2

### ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ПАНОРАМНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ OpenCV

#### 2.1 Загальна схема рішення

Припустимо, що у нас є якийсь літальний апарат, наприклад, квадрокоптер, що переміщається на деякій постійній висоті. На ньому встановлена відеокамера, що знімає все, що відбувається внизу. Зйомка може проводитися як в приміщенні, так і на відкритій місцевості, тому не можна виключати вплив на квадрокоптер зовнішніх факторів – перш за все вітру. Однак будемо вважати, що ці фактори не роблять дуже сильного впливу на наш апарат. Домовимося також, що на відео обов'язково присутні будь-які помітні предмети, наприклад, дахи будинків. Політ над зеленим лугом або засніженим білим полем, а також їм подібні – виключимо з розгляду.

На вході ми маємо відеофайл, на якому зображена карта місцевості, і нам хотілося б побудувати панорамне зображення з цього відеофайлу.

Таким чином, з'являється завдання побудови панорамного зображення по відеореєстру. При цьому бажано, щоб програма:

- працювала незалежно від дозволу відео, тобто видавала бажаний результат як на відео з малою роздільною здатністю, так і великою;
- поводитися стійко по відношенню до невеликих зовнішніх збурень, тобто ці обурення не чинили б сильного впливу на результат;
- мала в своїй основі досить простий алгоритм, щоб уникнути великого часу обробки, враховуючи обчислювальну ємність застосовуваних методів.

У загальному вигляді пропоноване рішення описаної задачі можна сформулювати наступним чином.

На самому початку потрібно витягти з відеофайлу достатню кількість кадрів. Це можна робити «на вході», послідовно читаючи всі фрейми і вибираючи окремі з них з потрібною частотою, або на попередньому етапі

зібрати набір послідовних кадрів. В обох випадках потрібно володіти інформацією про частоту кадрів в секунду.

Потім, послідовно перебираючи по два кадри з набору, необхідно провести пошук і опис особливих точок на цих кадрах. Саме ці особливі точки дозволять нам "приклеїти" наступний кадр до попереднього [17].

Наступним кроком є зіставлення особливих точок на основі їх опису. Слід мати на увазі, що при цьому не виключено отримання помилкових відповідностей, навіть при використанні деяких евристик.

Потім, маючи два набори особливих точок, слід знайти перетворення, яке переводило б точки наступного кадру у відповідні точки попереднього. При цьому теоретично в залежності від апріорного знання про рух камери можна заздалегідь вибрати конкретний вид перетворення. Однак на практиці такий підхід, зрозуміло, не завжди дозволяє отримати прийнятний результат. Також варто відзначити, що оскільки набори великі, і їх розмір явно перевершує мінімально необхідний, виникає питання про пошук оптимального в деякому сенсі перетворення.

Після отримання потрібного перетворення має місце технічна процедура склеювання зображень і усунення видимих швів, якщо такі є.

У рамках роботи був розроблений алгоритм для обробки зображень за допомогою високочастотних фільтрів для подальшого їх використання у побудові 3D моделі. Для реалізації була обрана бібліотека OpenCV. OpenCV (англ. Open Source Computer Vision Library, бібліотека комп'ютерного зору з відкритим вихідним кодом) - бібліотека алгоритмів комп'ютерного зору, обробки зображень та чисельних алгоритмів загального призначення з відкритим кодом. Реалізована на C / C ++, також розробляється для Python, Java, Ruby, Matlab, Lua та інших мов.

OpenCV була створена для забезпечення загальної інфраструктури додатків для комп'ютерного зору і прискорення використання сприйняття машини в комерційних продуктах. Будучи ліцензованим BSD продуктом, OpenCV спрощує бізнес для використання і модифікації коду [10].

В якості мети для розробки даної бібліотеки було поставлено підвищення ефективності в додатках реального часу. Функціонал бібліотеки реалізований на мові C. OpenCV має можливість використовувати багатоядерні процесори. У разі необхідності автоматичної оптимізації на платформах Intel, можливо додаткове придбання та інтеграція з бібліотекою IPP.

До складу бібліотеки входить більше 2500 оптимізованих алгоритмів, які включають в себе повний набір класичних і сучасних алгоритмів комп'ютерного зору і машинного навчання. Дані алгоритми можуть використовуватися для виявлення і розпізнавання осіб, ідентифікації об'єктів, класифікації дій людини на відео, відстеження рухомих об'єктів і рухів самої камери. OpenCV має більше 47 тисяч користувачів спільноти, а передбачувана кількість завантажень перевищує 14 мільйонів. Бібліотека широко використовується в компаніях, дослідницьких групах і в урядових органах.

Крім таких відомих компаній як Google, Yahoo, Microsoft, Intel, IBM, є безліч різноманітних стартапів, таких як Applied Minds, VideoSurf і Zeitera, які так само використовують функціонал OpenCV.

Операційна система Windows надає розроблювачам додатків потужні засоби Інтерфейсу Графічних Пристроїв GDI (Graphics Device Interface) для побудови графічних зображень незалежно від типу використовуваного пристрою висновку. На жаль, GDI обтяжує програмістів безліччю додаткових дій (зокрема, по керуванню системними ресурсами), які відволікають розроблювача від його основного завдання – створення графіки [27].

OpenCV бере на себе всю допоміжну роботу GDI, звільняючи розроблювачів від непродуктивного програмування з пошуком загублених дескрипторів зображень і не звільнених ресурсів пам'яті. Це зовсім не означає, що прямий обіг додатків до окремих функцій Windows GDI забороняється – ви завжди зможете при необхідності викликати їх. Однак,

інкапсуляція графічних функцій Windows візуальними компонентами являє собою більше перспективну методику створення графіки у вашім додатку.

OpenCV інкапсулює функції Windows GDI на різних рівнях. Найбільш важливим тут є спосіб, за допомогою якого графічні компоненти представляють свої зображення на екрані монітора. При прямому виклику функції GDI необхідно передавати їм дескриптор контексту пристрою (device context handle), що задає обрані вами знаряддя малювання – пір'я, кисті й шрифти. Після завершення роботи із графічними зображеннями, ви зобов'язані відновити контекст пристрою у вихідний стан і тільки потім звільнитися від нього [28].

Замість того, щоб змушувати працювати із графікою на такому рівні деталізації, Canvas (Канва) - це властивість задає правильний контекст пристрою й звільнить його в потрібний час, коли ви припините малювання.

За аналогією з функціями Windows GDI канва має вкладені властивості, що представляють характеристики пера, кисті й шрифту.

Єдине, що повинен зробити користувач, працюючи із графічними компонентами, – це визначити характеристики використовуваних знарядь малювання. Вам не буде потрібно стежити за системними ресурсами при створенні, виборі й звільненні знарядь. Канва сама подбає про це.

## **2.2 Методи, що використовуються**

Особливі точки (в різних джерелах – features/characteristic points/local feature points/interest point/локальні особливості) – кажучи неформально – "добре помітні" фрагменти зображення. Це точки (пікселі) з характерною (особливою) околицею, тобто відрізняються своєю околицею від всіх сусідніх точок. Класичний приклад локальної особливості - вершина кута. Такі точки описуються вектором ознак, що обчислюються на основі інтенсивності/градієнтів та інших характеристик точок околиці. Використовуючи особливі точки, можна аналізувати як зображення цілком, так і об'єкти на них. Хороші

характерні точки дозволяють впоратися зі зміною масштабу, ракурсу і перекриттями сцени або об'єкта. Такі точки, очевидно, повинні задовольняти наступним вимогам:

- повторюваність - повинні знаходитися в одному і тому ж місці сцени незалежно від ракурсу і освітлення;
- локальність - повинні бути розташовані в малій області і не страждати від перекриттів;
- компактність - у порівнянні із загальним числом пікселів зображення їх повинно бути в рази менше;
- значимість (унікальність) - кожна особливість повинна мати свій власний опис (щоб була можливість розрізняти точки між собою) [14].

Дескриптори (алгоритми, що описують кожну особливу точку у вигляді числового вектора ознак) особливих точок повинні бути:

- простими - подання має бути швидко обчисленим;
- унікальними - різні точки повинні мати різне уявлення;
- локальними – як і сама особлива точка її уявлення повинно залежати лише від невеликої околиці;
- інваріантними до максимально більшого числа перетворень.

За пару останніх десятиліть було розроблено кілька алгоритмів, які добре зарекомендували себе на практиці: SIFT, SURF, FAST, GLOH, HOG, KAZE. При вирішенні поставленого завдання можна використовувати будь-який з них. Потрібно лише підібрати його параметри таким чином, щоб він шукав відносно невелике число особливих точок і працював швидко, оскільки це трудомістка операція. В ході вирішення завдання використовувалися алгоритми SURF, ORB і AKAZE. Щоб стало зрозуміліше, як саме з технічної точки зору проводиться пошук і опис особливих точок, наведемо короткий опис алгоритму SURF [9].

Метод SURF інваріантний до масштабу, поворотів в площині зображення, зашумленості, перекривання іншими предметами, зміни яскравості і контрасту. Він шукає особливі точки за допомогою матриці Гессе

$$H(x, y, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, y, \sigma) & L_{xy}(x, y, \sigma) \\ L_{xy}(x, y, \sigma) & L_{yy}(x, y, \sigma) \end{bmatrix},$$

і її визначника (також є матрицею), який досягає екстремуму в точках максимальної зміни градієнта яскравості і добре детектує плями, кути і краї ліній. Тут  $L_{xx}(x, y, \sigma)$  – згортка зображення з лапласіаном від гауссіана

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} g(\sigma)$$

з параметром  $\sigma$ .

Аналогічно для  $L_{xy}(x, y, \sigma)$  і  $L_{yy}(x, y, \sigma)$ . Однак гессіан не інваріантний щодо зміни масштабу, тому SURF використовує різномасштабні фільтри для знаходження гессіанів. При цьому зазвичай проводиться порогове відсікання з метою виділення «хороших» особливостей і контролю числа особливих точок, що повертаються алгоритмом. Обчислення матриці повинно проводитися згорткою вихідного зображення з фільтрами, зображеними на рис. 2.1, однак алгоритм використовує наближення фільтрів на рис. 2.2, які на практиці мають близькі до «справжніх» значень, але обчислюються набагато швидше за допомогою інтегрального представлення. При цьому обчислюється  $\det(H_{approx}) = D_{xx}(x, y, \sigma)D_{yy}(x, y, \sigma) - 0.92D_2(x, y, \sigma)$ , де буквою D позначені фільтри на малюнку 8, а  $\sigma = 1.2$  розмір фільтра називається шкалою.

Коефіцієнт 0.9 має теоретичне значення.

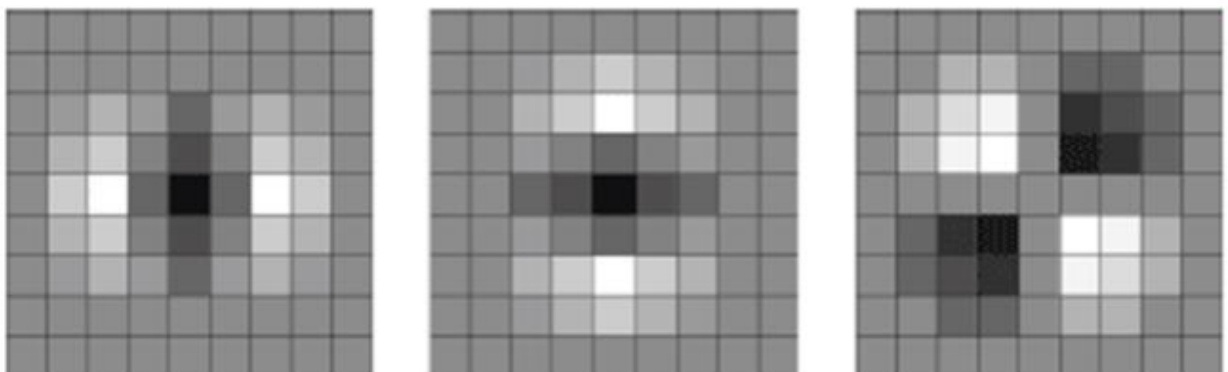


Рис. 2.1

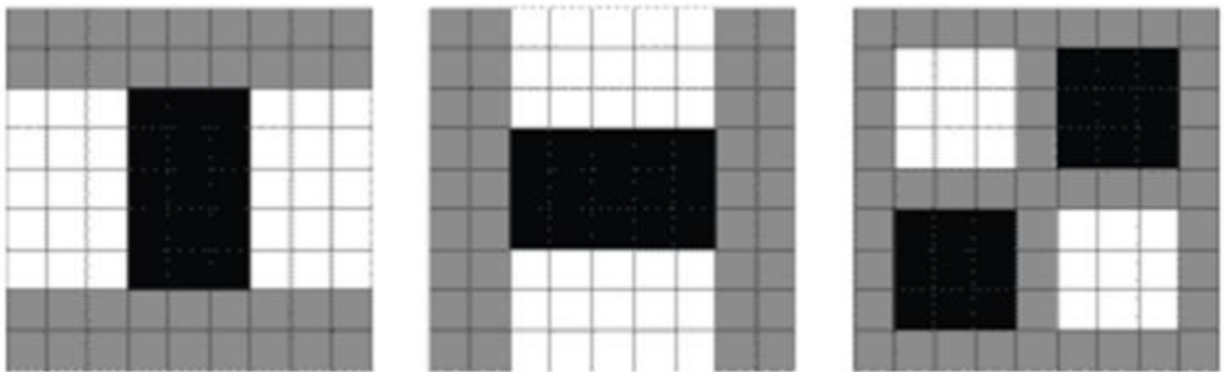


Рис. 2.2

Інтегральним поданням зображення називається матриця

$$I(x, y) = \sum_{i \leq x} \sum_{j \leq y} f(i, j).$$

Вона дозволяє обчислювати суму інтенсивностей в будь-якій прямокутній області (зі сторонами, паралельними кордонам) на зображенні за постійний час. Наприклад, на малюнку 2.3 позначена величина в прямокутнику  $A B D C$  дорівнює  $I(D) - I(C) - I(B) + I(A)$ .

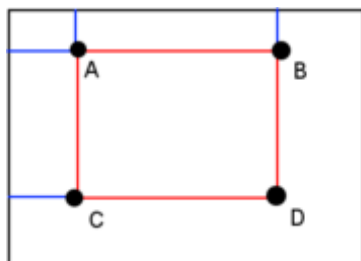


Рис. 2.3

Як вже сказано вище, гесіан не інваріантний щодо масштабу, тому алгоритм перебирає різні масштаби фільтрів і по черзі їх застосовує до даного пікселю. Через симетричності фільтрів їх масштаб не може бути довільним – допустимі значення 9, 15, і так далі з кроком 6. Однак поступово збільшувати розмір фільтра на 6 не вигідно, тому що для великих масштабів крок 6 виявляється занадто дрібним, а фільтри – надлишковими. SURF розбиває всю безліч масштабів на так звані октави, кожна з яких покриває певний інтервал масштабів (мал. 2.4).

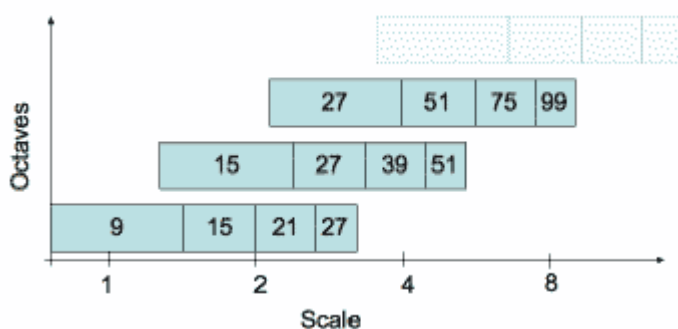


Рис. 2.4. Цифри - розмір фільтрів

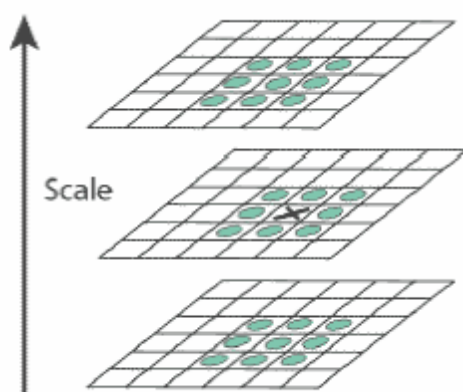


Рис. 2.5

Фільтри октави рахуються не для всіх пікселів поспіль. Перша октава рахується для кожного другого пікселя зображення, друга - для кожного четвертого, третя – для кожного восьмого і так далі. Дві точки з відстанню 2 масштабу 1 не можуть містити більше одного максимуму масштабу 2, 3 або більш високих. Подвоєння кроку пікселів для октав також дозволяє економити при розрахунку фільтрів.

Розглянемо малюнок 2.6, що демонструє метод визначення наявності екстремуму в точці. Застосовується придушення немаксимумів (non - maximal suppression). Піксель, позначений хрестиком, є локальним максимумом, якщо його значення більше всіх 26 сусідів. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що в октаві має бути не менше трьох фільтрів.

Потім оцінюється субпіксельне положення локального екстремуму.



Для цього куб на малюнку 2.6 інтерполюється функцією  $H(\mathbf{x}) = H + \frac{\partial H^T}{\partial \mathbf{x}} \mathbf{x} + \frac{1}{2} \mathbf{x}^T \frac{\partial^2 H}{\partial \mathbf{x}^2} \mathbf{x}$  і обчислюється максимум останньої:

$$\hat{\mathbf{x}} = -\frac{\partial^2 H^{-1}}{\partial \mathbf{x}^2} \frac{\partial H}{\partial \mathbf{x}}.$$

Тут  $\mathbf{x}=(x,y,s)$ .

Далі алгоритм визначає переважну орієнтацію перепадів яскравості в особливій точці. Розглядаються пікселі в окружності радіуса  $6\sigma$ , де  $\sigma$  - масштаб особливої точки (для першої октави  $\sigma=2$ ). Потім в кожній точці кола обчислюються градієнти з використанням фільтрів розміру  $4\sigma$  на рис. 2.6

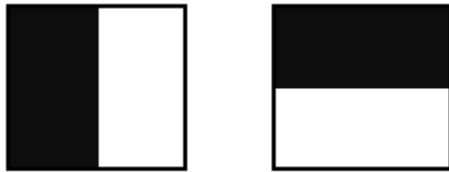


Рис. 2.6

Отримані значення  $d_x$  і  $d_y$  множаться на вагу, що визначається як значення фільтра Гауса з центром в особливій точці зі стандартним відхиленням  $2\sigma$ , і наносяться на площину у вигляді точок (рис. 2.7).

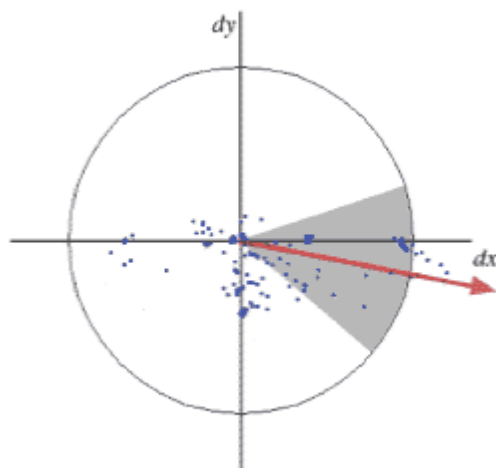


Рис. 2.7

Навколо початку координат обертається кутове вікно розміром  $\pi / 3$ . Вибирається положення вікна, при якому довжина сумарного вектора для

точок максимальна, що потрапили у вікно. Обчислений таким чином вектор нормується і приймається як пріоритетний напрямок в області особливої точки.

Потім для кожної особливої точки обчислюється дескриптор - вектор з 64 (або 128) значень. Формується квадрат, що має розмір  $20\sigma$  і орієнтований уздовж пріоритетного напрямку. Цей квадрат розбивається на 16 дрібніших квадрантів (мал. 2.8), кожен з яких – ще на 25 дрібніших.

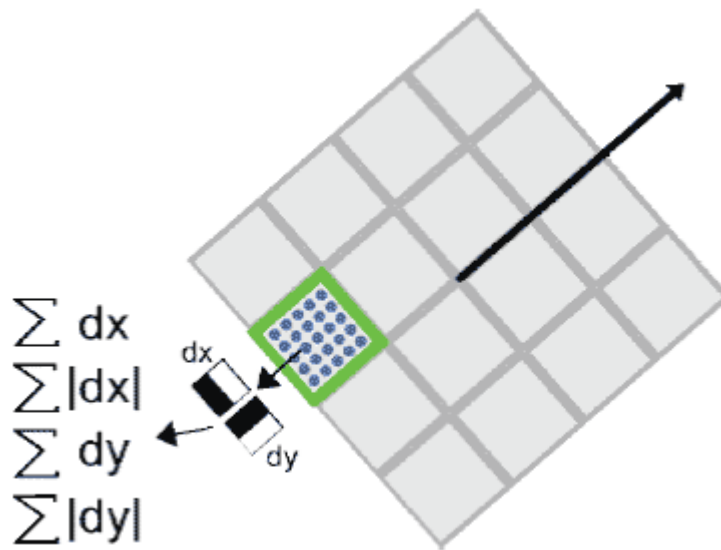


Рис. 2.8

Для точки сітки шукається градієнт, за допомогою фільтрів розміру  $2\sigma$ .

Після знаходження 25 точкових градієнта квадранта, обчислюються чотири величини  $\sum dx$ ,  $\sum dy$ ,  $\sum |dx|$ ,  $\sum |dy|$ . Чотири компоненти на кожен квадрант, і 16 квадрантів, дають 64 компонента дескриптора для всієї області особливої точки. При занесенні в масив, значення дескрипторів зважуються на гауссіану з центром в особливій точці і зі стандартним відхиленням 3.3%. Ще для опису точки використовується знак сліду матриці Гессе, який дозволяє говорити про те, максимум або мінімум в даній точці.

Ще один метод називається ORB [11]. Він є комбінацією методу пошуку FAST і методу опису BRIEF з рядом обчислювальних оптимізацій. Спочатку він знаходить точки методом FAST і застосовує кутову оцінку Харріса (Harris corner measure), виділяючи  $N$  точок. Потім виділяє зважену

окружність радіуса  $R$  з центром в особливій точці і обчислює її центр мас. Вектор, що є різницею центру мас і особливої точки, задає напрямок, забезпечуючи інваріантність щодо повороту. Потім береться квадрат розміру  $R \times R$  з центром в особливій точці і орієнтується в отриманому напрямку. В цьому квадраті вибирається  $n$  тестових точок відповідно до розподілу

$$N(0, \frac{1}{25} R^2),$$

, де  $n$  задає розмірність дескриптора. Далі за допомогою порівнянь інтенсивностей в цих точках виходить бінарний дескриптор особливої точки.

Одним з нових методів є метод AKAZE [12]. На відміну від інших, замість гауссового розмиття використовуються методи нелінійної дифузії (диференціальні рівняння в приватних похідних), які, видаляючи шуми, набагато краще поводяться по відношенню до кордонів об'єктів.

Фотограмметричні методи є методами збору інформації про об'єкт дослідження. Знімки великого масштабу можуть бути отримані з використанням зйомки різними способами. Наприклад за допомогою легких вертольотів, легкомоторних літаків, безпілотних літальних апаратів, наземної стерео-фотозйомкою і використовую різноманітні цифрові фотокамери (професійними та аматорськими) середнього і малого формату.

Для визначення тривимірних координат всіх характерних точок об'єкта потрібно вирішити такі завдання:

- вибір параметрів зйомки;
- фотограмметрична калібрування;
- побудова карти глибини;
- створення векторної моделі по стереопару цифрових знімків;
- відображення отриманих результатів.

Слід зазначити, що до сих пір цифрова фотограмметрія, для фахівців зі збереження культурної спадщини практично невідома широкому загалу, в тому числі архітекторів та реставраторів.

Вибір конфігурації зйомки. Якість вимірювань істотно залежить від обраного масштабу зйомки, розташування знімальних камер, власної форми об'єкта, а також від обмежень, що накладаються умовами зйомки. Тому для забезпечення необхідних показників якості моделі в кожному конкретному випадку необхідно для заданого класу об'єктів вирішувати задачу вибору кількості, параметрів і розташування камер.

Завдання калібрування. Під завданням фотограмметричної калібрування розуміють визначення елементів внутрішнього орієнтування ( $f$ ,  $x_0$ ,  $y_0$ ) і поправок за дисторсію знімальної камери ( $\delta x$ ,  $\delta y$ ).

Знаючи інформацію про глибину (функція двох змінних) можна генерувати 3D моделі ландшафту та інших природних об'єктів.

Завдання створення векторної моделі. Проблема створення векторної моделі полягає в ідентифікації на перекриваються знімках відповідних точок. Завдання отримання тривимірних координат точок об'єкта складної форми. Стереоскопічне спостереження стереопару з більшою різницею масштабів буває утруднено. Тому доводиться вдаватися до монокулярним вимірам відповідних точок.

Найкращі результати під час реконструкції отримують від чітких знімків без затиску кольорової гами. Гострота тут є дуже важливим фактором.

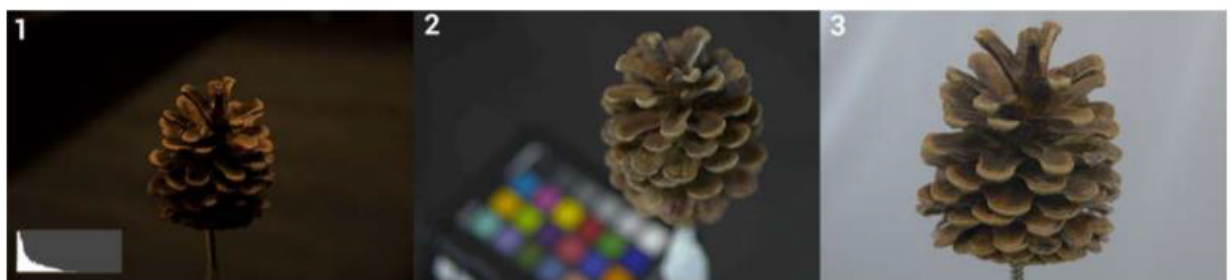


Рис. 2.9 – Виділення контурів на зображенні

На першому зображенні представлений приклад поганої експозиції. Темні або затиснуті ділянки забезпечують погану реконструкцію. На другій картинці приклад поганих зображень із занадто великою розфокусовкою, діафрагмою  $f / 2.8$ . Кордон соснової шишки є повністю розмита через

глибину різкості та реконструкція - це невдача. Третє зображення – це приклад правильного фокусування та експозиції.

Кольорова перевірка використовується для врівноваження білого фотографії, але також як показник масштабу віртуального ресурсу. Знання розмірів реконструйованих об'єктів важливо, оскільки процес фотограмметрії втрачає цю інформацію. Знайдіть гарне місце для перевірки кольорів. Досить близький до теми, але його не слід затінювати. Знайдіть місце в сцені, яке можна легко зняти під час процесу, або цифровим способом розфарбуйте його. Кольорова перевірка зазвичай повинна бути звернена до неба.

Необхідно також оцінити важливість захоплення об'єкта. Для активів, які відображаються поблизу камери у вашій грі, буде потрібно більше тексту в грі, ніж фонові активи. Ви повинні визначити текстурні бюджети для різних активів, і ці рішення спричинять вибір, який ви робите на своїй програмі Shoot. Відстань зйомки від об'єкта залежить від розміру самого об'єкта, масштабування об'єктива та бюджету текстури. Об'єкт повинен заповнити більшість ваших зображень, щоб досягти максимальної якості реконструкції.

Коли потрібна більш висока роздільна здатність, потрібні ближче зображення. Зауважте, що для покриття великого об'єкта, як пень з деревом з мікро розділенням, може знадобитися тривалий час. Причому реальність Capture має обмеження на кількість фотографій, які ви можете надати як джерело для реконструкції залежно від обраної ліцензії.

Процес фотограмметрії покладається на фотографічні джерельні зображення. Однак усі зйомки можна зробити за допомогою GoPro або будь-якого подібного 4K відео пристрою, з якого все-таки можна витягти кадри. Оскільки таких пристроїв відеозапису мало, вони дозволяють охопити всі частини об'єкта дуже швидко і можуть бути дуже близько до об'єкта, таким чином, що може бути складніше для більшої камери.

При виконанні стереофотографічної зйомки використовують фотокамери, в конструкцію яких входить кутомірні пристрій, який

називається орієнтує пристроєм. Воно забезпечує встановлення головної оптичної осі фотокамери в заданому напрямку щодо базису фотографування.

Фотозйомка ведеться, в основному, на фотопластинки, хоча є фотокамер, у яких передбачена зйомка і на фотопластинки, і на фотоплівки. Не у кожній фотокамері є затвор, тому що при фотографуванні нерухомих об'єктів він необов'язковий. Формат кадру, в основному, прямокутний. Довга сторона кадру орієнтується в горизонтальному напрямку.

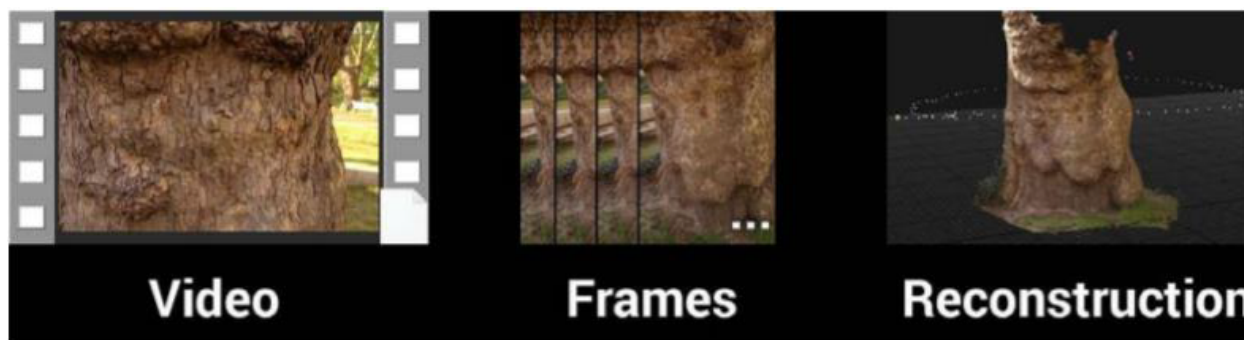


Рисунок 2.10 – 3D реконструкція по відео та фотографіях

Рекомендується використовувати відеозаписи безпілотників замість фотографій для такого величезного об'єкта, оскільки якість не є значно кращою, а відео дозволить легко охопити об'єкти. Можна змішати близькі постріли, зроблені вручну, з далекими пострілами, зробленими безпілотником.

В якості альтернативи, дрон може бути використаний для створення області заповнення або тимчасового елемента. Наступний приклад показує область, реконструйовану програмою Reality Capture із фотографіями, вилученими з відео безпілотника. Його можна використовувати як швидкий макет заповнювача.

На практиці для зйомки такого великого предмета, як цей пені з кінцевою текстурою в 4096x4096, фотографії слід робити на відстані від 1 до 2 метрів. Під час зйомки об'єкта важливо повне його охоплення. Усі частини об'єкта повинні бути охоплені декількома зображеннями, щоб програмне забезпечення для реконструкції могло створювати групи подібних пікселів, щоб у кінцевому ресурсі не було отворів або ділянок, що не були

пробовідробленими. В ідеалі розташування знімків має виглядати приблизно так.

Візерунок робиться шляхом переміщення навколо об'єкта та багатьох далеких знімків, а також декількох менших знімків з ближнього зображення, щоб надати більше деталей на етапі реконструкції. У кожному місці горизонтальної камери важливо також висвітлювати об'єкт вертикально. На практиці може бути важко пройти цей ідеальний шлях.

Спеціальний пристрій для обессвечівання - це спеціальний пристрій зазвичай використовується для обессвечівання, тобто видалення інформації про світло (наприклад, прямого освітлення, загального освітлення, відбитого освітлення). відноситься до вихідної середовищі, в якій знаходився сканований об'єкт. Це дозволяє додати іншу інформацію про світлі, відповідну новому середовищі, в яку поміщається скан. Epic Games використовувала цей пристрій для створення демо Kite і написала пост про те, як створювалися ресурси для демо у відкритому світі, ще один пост про вибір обладнання та третій, в якому описується процес обезцвічування. Пристрій складається з 3 елементів: відображає хромового кулі, матового сірого кулі і калібрувальної мішені [26].

Це пристрій зазвичай має який-небудь спосіб зйомки панорамних зображень HDR середовища, в яку воно поміщено. Пізніше пристрій використовується для відтворення тих же умов освітлення від сканованого об'єкта. Потім зняте панорамне зображення використовується для орієнтування віртуального хромового кулі так само, як був розташований реальний. Матовий сірий куля використовується для вимірювання рівня освітлення. За допомогою цієї інформації можна розрахувати вихідне освітлення, запекти його на від сканованому об'єкті, а потім відняти від вихідної текстури, отримавши неосвітлених об'єкт. Якщо такий пристрій вам недоступно, спробуйте використовувати іншу програмну техніку, що дозволяє видалити інформацію про світлі з об'єкта. Вона застосовувалася в Star Wars Battlefront.

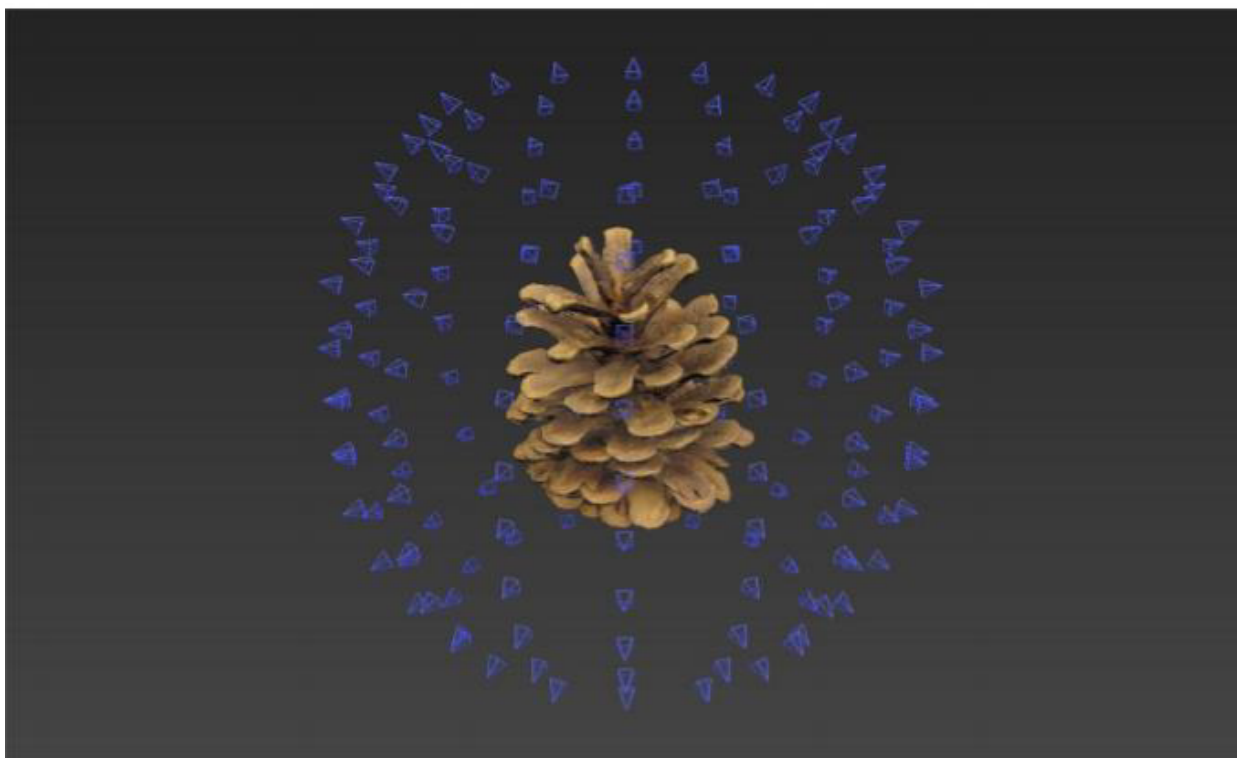


Рис. 2.11 – 3D реконструкція

Щоб можна було захопити невеликий предмет з усіх кутів, необхідно вміти його обертати з усіх кутів. Невеликі предмети можна тримати перед камерою за допомогою опорного затискача, в ідеалі з якомога меншим контактом з предметом. Отже, перший крок - знайти хорошу підтримку. Точний характер підтримки, який вам знадобиться, залежить від форми та структури об'єкта, який ви захоплюєте. Оскільки важко перевезти все обладнання під час подорожі, часто бажано зібрати невеликі предмети, повернути їх у вашу студію та захопити їх у безпечне місце поруч із комп'ютером за допомогою програмного забезпечення для відновлення.

### 2.3 Афінне перетворення

Маючи набір відповідних один одному особливих точок на двох зображеннях, потрібно знайти перетворення, яке переводило б особливі точки наступного кадру в точки попереднього. При визначенні перетворення можна використовувати два підходи. Що стосується самого перетворення, то



для розв'язуваної задачі досить розглянути Афінний перетворення, а точніше перетворення подібності.

Перетворення подібності складається з композиції масштабу, перенесення і повороту. Нижче наведені відповідні матриці.

$$R = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix}, S = \begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix}, t = \begin{bmatrix} tx \\ ty \end{bmatrix}.$$

У загальному вигляді бажане перетворення можна записати наступним чином:

$$H = [RS|t] = \begin{bmatrix} \cos(\theta)s & -\sin(\theta)s & tx \\ \sin(\theta)s & \cos(\theta)s & ty \end{bmatrix}.$$

Матриця має розмірність 2x3 в силу того, що в комп'ютерному зорі точки зображення прийнято розглядати в однорідних координатах з подальшою нормалізацією. Позначивши

$$a = \cos(\theta)s, b = \sin(\theta)s, c = tx, d = ty, H = \begin{bmatrix} a & -b & c \\ b & a & d \end{bmatrix},$$

можна записати систему, якій повинні задовольняти одні й ті ж точки на двох кадрах:

$$\begin{bmatrix} a & -b & c \\ b & a & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{или} \quad \begin{cases} ax - by + c = x' \\ bx + ay + d = y' \end{cases}$$

Для того, щоб знайти параметри a, b, c, d, необхідно мати всього лише дві пари точок:

$$\begin{bmatrix} x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & -x_1 & 0 & 1 \\ x_2 & -y_2 & 1 & 0 \\ y_2 & -x_2 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \\ x_2' \\ y_2' \end{bmatrix}.$$

Однак у нас в розпорядженні знаходиться досить велика кількість відповідних один одному точок. При автоматичному встановленні неможливо

отримати стовідсотково вірний результат, частина відповідностей напевно будуть помилковими. Довільно вибравши з них дві пари, існує ймовірність отримати перетворення, що не є оптимальним для якомога більшого числа точок, а гіршому випадку і зовсім невірне.

Перший підхід полягає в застосуванні алгоритму RANSAC [10] – ітеративний метод оцінки параметрів моделі на основі випадкових вибірок. Наведемо його опис.

Нехай є набір  $D$  вихідних даних з  $N$  елементів. Відомо, що більшість його елементів має задовольняти деякій параметричній моделі  $M(P)$  з параметрами  $P$ , кількість яких дорівнює  $p$ . Є алгоритм, що дозволяє обчислити параметри моделі  $M$  по набору даних з  $k$  елементів. Необхідно обчислити оптимальні значення параметрів  $P$ , при яких даний набір вихідних даних задовольняв би моделі  $M$  найкращим чином. Елемент, що задовольняє дану модель  $M(P)$  називається *inlier* для даної моделі, що не задовольняє – *outlier*.

Візьмемо випадковим чином підмножину  $k$  елементів з  $D$ , позначимо її  $K$ . Обчислимо на ній модель  $M(P(K))$ . Перевіримо всі елементи  $D$  на відповідність моделі  $M(P(K))$ . Визначимо кількість *inlier*-ів в  $D$  для даної моделі. Повторимо весь цей процес задану кількість разів. Модель, якій відповідає найбільше число *inlier*-ів, буде результатом роботи алгоритму.

Оцінка, є чи ні даний елемент вихідних даних *inlier*-ом, проводиться наступним чином. Якщо помилка відповідності елемента моделі перевищує деякий поріг, то цей елемент визнається *outlier*-ом. Метод, за яким обчислюється помилка відповідності елемента моделі, вибирається окремо для кожної конкретної задачі.

У загальному вигляді схему роботи RANSAC можна записати так:

1. Повторити задане число разів  $m$ .

- 1.1. Вибрати підмножину з  $k$  елементів.
- 1.2. Обчислити параметри  $P$  моделі для поточної підмножини.
- 1.3. Визначити відповідність моделі  $M(P)$  вихідним даним.
2. Вибрати найбільш відповідну  $D$  модель.

В рамках поставленого завдання набором  $D$  є пари особливих точок, одна з попереднього кадру, інша з наступного. Модель  $M$  - матриця афінного перетворення, параметри  $P$  - дві пари точок. Алгоритм, що дозволяє обчислити  $M(P)$  - рішення лінійної системи рівнянь. Оцінка кількості *inlier*-ів проводиться наступним чином.

Перетворенням  $M(P)$  обчислюються образи точок наступного кадру, після чого вважаються евклідові відстані між ними і точками попереднього кадру. Якщо відстань між образом і відповідною йому точкою більше заданого порога, то така точка вважається *outlier*-ом.

Більшість напіваавтоматичних методів стерео перетворення використовують карти глибини та відображення на основі глибини зображення [4, 5].

У тривимірній комп'ютерній графіці карта глибини - це зображення або канал зображення, який містить інформацію, що стосується відстані поверхонь предметів сцени від точки зору. Тут можна побачити дві різні карти глибини, разом із оригінальною моделлю, з якої вони отримані. Перша карта глибини показує яскравість пропорційною відстані від камери. Близькі поверхні темніші; далі поверхні легші. Друга карта глибини показує яскравість по відношенню до відстаней від номінальної фокусної площини. Поверхні ближче до фокусної площини темніші; поверхні, розташовані далі від фокусної площини, легші (як ближче, так і далі від точки зору).

Ідея полягає в тому, щоб окремий допоміжний малюнок, відомий як "карта глибини", створювався для кожного кадру або для серії однорідних

кадрів для позначення глибини предметів, присутніх у сцені. Карта глибини - це окреме зображення сірого масштабу, що має ті ж розміри, що і вихідне 2D зображення, з різними відтінками сірого для позначення глибини кожної частини кадру. Хоча картографування глибин може створювати досить потужну ілюзію 3D-об'єктів у відео, воно по суті не підтримує напівпрозорі об'єкти чи ділянки, а також не дозволяє явно використовувати оклюзію, тому ці та інші подібні проблеми слід вирішувати окремим способом.

Існує безліч методів заповнення областей карти глибини, які засновані на алгоритмах реконструкції зображень.

Перша група включає в себе методи, засновані на рішенні диференціальних рівнянь в приватних похідних (PDE) [3]. Основним недоліком таких підходів є поява розмиття різких перепадів яскравості на зображенні, тому вони застосовуються в основному тільки для відновлення подряпин або маленьких ділянок на зображеннях.

Друга група використовує обробку в частотній області [4]. Методи засновані на ортогональній трансформації і вимагають апіорної інформації для вибору параметрів, ортогонального базису і розміру блоків спектрального уявлення. Слід зауважити, що при відновленні великих ділянок зображення також спостерігається помітне розмиття лінійних структур і різких перепадів яскравості. А велика кількість ітерацій призводить до значних обчислювальних вимогам.

Використання оригінального методу текстурного аналізу [5] для відновлення пошкоджених ділянок карти глибини може призводити до артефактів і помилок на кордонах об'єктів, що пов'язано з низьким дозволом вихідного зображення. У пропонованому методі в розрахунок береться також інформація, що отримується з RGB камери пристрою Kinect, що дозволяє більш точно реконструювати лінійні структури на зображенні [6].

Для коригування артефактів на оригінальному документі, пропонується використовувати адаптивний медіанний фільтр, який бере до уваги не тільки інформацію про глибину сцени, а й інформацію з кольорової камери

пристрою Kinect. В даному методі використовується LPA-ICI метод, який дозволяє формувати блоки медіанного фільтра, форма яких чутлива до перепадів яскравості на зображенні [7]. В результаті маска фільтра формується по кольоровому зображенню, а сама фільтрація застосовується на мапі глибини.

Методи, засновані на синтезі текстури (даний підхід вперше запропонував Criminisi) дозволяють відновлювати зображення шляхом пошуку схожих блоків на оригінальному документі і копіюванні їх у пошкоджені ділянки [5]. Дана група методів добре відновлює лінійні ділянки і не призводить до розмиття, проте не підходить для відновлення криволінійних ділянок.

Основними недоліками відомих методів відновлення при реконструкції карти глибини, є розмиття різких перепадів яскравості, лінійних структур, нездатність відновлення великих ділянок без спотворень.

Основними кроками методів перетворення на основі глибини є п'ять пунктів. По перше, це - глибинне розподілення бюджету - скільки загальної глибини сцени та де буде площа екрана. По друге, сегментація зображень, створення матів або масок, як правило, ротоскопією. Кожну важливу поверхню слід ізолювати. Рівень деталізації залежить від необхідної якості конверсії та бюджету. Створення карти глибини - кожній ізольованій поверхні слід призначити карту глибини. Окремі карти глибини повинні бути складені в карту глибини сцени. Це ітеративний процес, що вимагає регулювання об'єктів, форм, глибини та візуалізації проміжних результатів у стерео. Мікрорельєф глибинний, 3D форма додається до більшості важливих поверхонь, щоб запобігти ефекту "картону", коли стереообраз виглядає як комбінація плоских зображень, що встановлюються на різній глибині.

Стереогенерування на основі 2D + глибини з будь-якою додатковою інформацією, наприклад, чистими таблицями, відновленим фоном, картами прозорості тощо. Коли процес завершиться, буде створено зображення зліва і справа. Зазвичай вихідне 2D зображення трактується як центральне

зображення, так що формуються два стереовиди. Однак деякі методи пропонують використовувати вихідне зображення як зображення одного ока, а також генерувати лише зображення іншого ока, щоб мінімізувати витрати на конверсію [4]. Під час стерео генерування пікселі вихідного зображення зміщуються вліво або вправо залежно від карти глибини, максимально вибраного паралакса та положення поверхні екрана. Реконструкція та фарбування будь-яких непокритих ділянок, не заповнених стерео генератором.

Процес обчислення глибини зображення використовує значення контрасту та різкості. Близькі об'єкти виявляють більш високий контраст і більшу різкість, ніж предмети, розташовані далі. Тож контраст і різкість обернено пропорційні глибині. Суміжні області демонструють близькі значення кольоровості, тим самим вказуючи, що вони мають однакову глибину. Хромність - це міра для композиції 2D зображення.

Стереосистема може бути представлена в будь-якому форматі для цілей попереднього перегляду, включаючи анагліф. Кроки, що займають багато часу, - це сегментація / ротоскопізація зображень, створення карти глибини та заповнення непокритої області. Останнє особливо важливо для перетворення найвищої якості.

Існують різні методи автоматизації створення карт глибини та реконструкції фону. Наприклад, автоматичне оцінювання глибини може використовуватися для створення початкових карт глибини для певних кадрів і кадрів. Людей, які займаються такою роботою, можна назвати художниками глибини.

Розробка в області глибокого картографування, багат шарового вирішення проблем обмеження глибинного відображення шляхом введення декількох шарів сірих масок глибини для реалізації обмеженої напівпрозорості. Подібно до простої техніки, багат шарове планування передбачає нанесення карти глибини на більш ніж один "зріз" плоского зображення, що призводить до набагато кращого наближення глибини та

випинання. Чим більше шарів обробляється окремо на кадр, тим вище якість 3D-ілюзії має тенденцію.

3D-реконструкція та реконструкція можуть використовуватися для стерео перетворення. Він включає створення 3D-моделі сцени, вилучення оригінальних поверхонь зображення у вигляді текстур для 3D-об'єктів і, нарешті, надання 3D-сцени з двох віртуальних камер для придбання стерео-відео. Підхід працює досить добре у випадку сцен із статичними жорсткими предметами, такими як міські знімки із будівлями, внутрішні знімки, але має проблеми з нежорсткими тілами та м'якими нечіткими краями.

Інший метод полягає у встановленні як лівої, так і правої віртуальних камер, обидві зміщені від оригінальної камери, але розділення різниці зміщення, а потім фарбування оклюзійних країв ізольованих об'єктів та символів. По суті, очищення декількох елементів фону, середини та переднього плану.

Бінокулярна невідповідність також може бути отримана з простої геометрії.

Можна автоматично оцінити глибину, використовуючи різні типи руху. У разі руху камери може бути розрахована карта глибини всієї сцени. Також рух об'єкта можна виявити, а ділянки, що рухаються, можуть присвоювати менші значення глибини, ніж фон. Виключення забезпечують інформацію про відносне положення рухомих поверхонь.

Підходи такого типу називають також "глибина від розфокусування" та "глибина від розмиття" [11, 13]. На підходах "глибина від розфокусування" (DFD) інформація про глибину оцінюється виходячи з кількості розмитості розглянутого об'єкта, тоді як підходи "глибина від фокусування" (DFF) мають тенденцію до порівняння різкості об'єкта над діапазоном зображень зроблено з різними відстанями фокусування, щоб дізнатись його відстань до камери. Для правильної роботи DFD потрібно

лише два-три при різному фокусуванні, тоді як DFF потребує від 10 до 15 зображень принаймні, але є більш точним, ніж попередній метод.

Якщо в оброблюваному зображенні виявлено небо, також можна врахувати, що більш віддалені предмети, крім того, що вони туманні, повинні бути ще більш насиченими та синюватими через товстий повітряний шар.

Загальний порядок обчислень складається з предобробки вхідних даних, обчислення диспаритету пікселя і кінцевої обробки поста вихідних даних медіанного фільтром.

Перший крок обчислень - отримання градієнтних зображень стереопари методом згортки.

$$C_i(x, y) = \sum_{(i,j) \in N(x,y)} I(i, j) \cdot M(i, j) \quad (2.1)$$

$C_i$  - оброблений піксель лівого зображення;

$I(i, j)$  - вихідний піксель на лівому зображенні;

$N(x, y)$  - околиця  $3 \times 3$  пікселів;

$M(i, j)$  - елемент відомої матриці згортки.

$$M = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

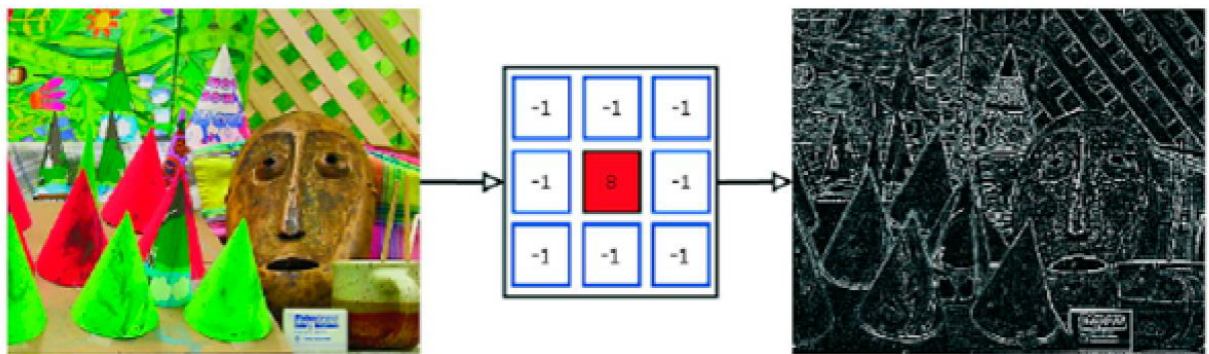


Рисунок 2.12 – Виділення контурів на зображенні

Далі обчислюється лінійна комбінація градієнтного і вихідного зображень з варійованим параметром  $k$ . Використання такої попередньої обробки значно зменшує ймовірність помилки обчислення глибини пікселя,



особливо при наявності на стереопарі однорідних, мало контрастних областей.

Диспаритет пікселя  $d$  за визначенням дорівнює відстані між відповідними пікселями лівого і правого зображень (встановлення відповідності виконується через підрядник перебором пікселів на вибраному рядку зображень  $y$ ).

$$d = |x_r - x_l|, \quad (2.3)$$

де  $(x_l$  - положення обраного пікселя фіксованого рядка  $y$  на лівому зображенні,  $(x_r$  - положення відповідного пікселя цього рядка на правому зображенні. Щоб знайти  $(x_r$  для кожного елемента  $(x, y)$  рядки  $y$  правого зображення обчислюється сума вартостей пікселів  $S$  з околицями.

Далі з усіх отриманих методом перебору значень суми вартостей вибирається мінімальне значення, що відповідає положенню пікселя з координатами  $(x_l - d, y)$  на правому зображенні. Такий принцип в різних варіаціях використовується в багатьох роботах, зокрема в роботі з реалізацією адаптивного вікна [8]. Так, найбільш схожі пікселі і їх околиці на лівому і правому зображенні уздовж горизонтальної лінії будуть формувати мінімальну вартість.

У локальних методах, при збільшенні розмірів ковзного вікна, з одного боку, зменшується ймовірність помилки визначення диспаритету пікселя, а з іншого боку, значно зростає обсяг обчислень, що робить даний метод малопридатним для розрахунків на стереопару високого дозволу в реальному часі. Крім того, з'являється ефект «роздування» переднього плану.

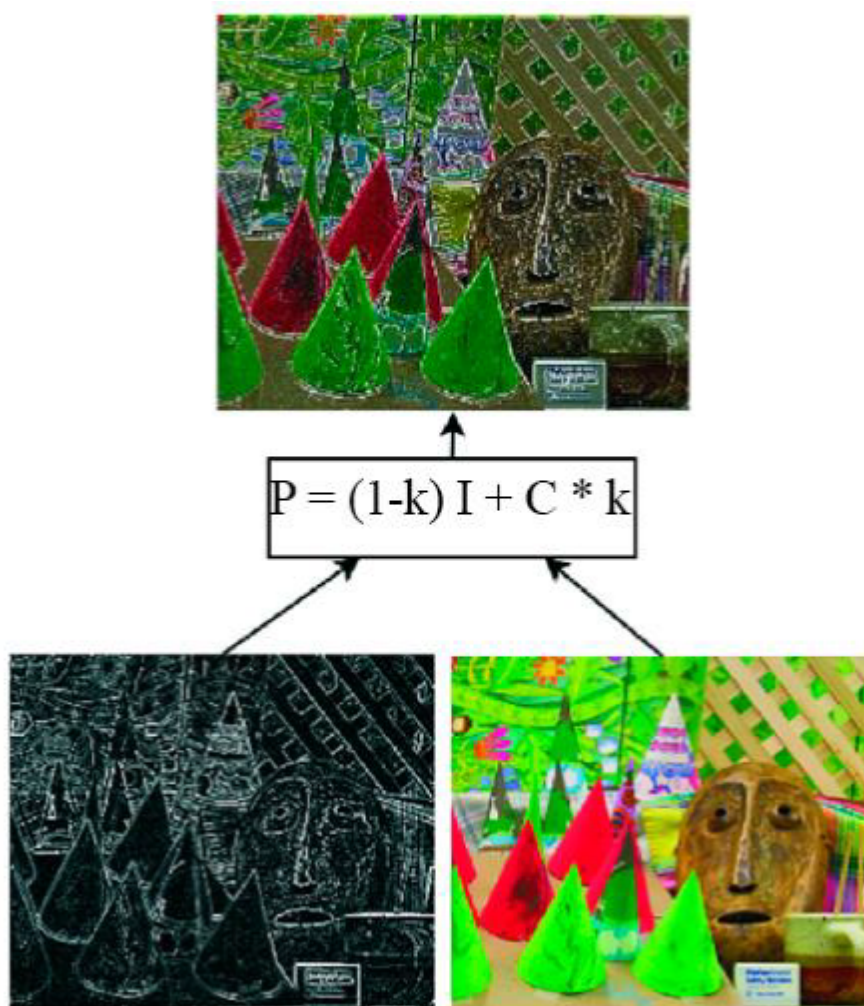


Рисунок 2.13 – Ефект «роздування» переднього плану

Якщо використовувати вікна з адаптивною структурою, можна отримати досить хорошу якість карти глибини, але при цьому знову потрібні значні обсяги обчислень.

У пропонованому методі для досягнення оптимального балансу між швидкістю і якістю використовується два одновимірних розріджених вікна - вертикальне і горизонтальне. Кожне вікно будується з центру розглянутого пікселя. Під розрядженням розуміється, що вікно складається не з найближчих один до одного пікселів, а з пікселів, що знаходяться на деякій заданій відстані один від одного, наприклад, два, чотири, шість пікселів. Це дозволяє істотно збільшити швидкість обчислень при незначному збільшенні помилки.

В процесі розробки даного методу позначилися шляху можливого поліпшення якості та оптимізації швидкості обчислень. Так, для практично повного видалення шумів і підвищення чіткості меж об'єктів на карті глибини можна використовувати сегментацію вхідного зображення. Це дозволить знаходити карту глибини не для кожного конкретного пікселя зображення, а для набору сегментів-площини зображення. Інший підхід - обробка запропонованим алгоритмом тільки цікавлять регіонів зображення або обчислення значення глибини тільки для рухомих об'єктів в кадрі стерео камери.

## 2.4 Опис алгоритму і результати

Підсумкова програма реалізована на мові програмування Python з використанням бібліотек NumPy, SciPy і OpenCV. Позначений стек останнім часом набуває популярності, оскільки надає легкий у використанні високорівневий інтерфейс до математичних функцій і процедур самого різного характеру.

На вхід програмі подаються:

- відеофайл,
- кількість особливих точок, яку потрібно шукати на кадрах = 1000 (не завжди використовується),
- кількість відповідностей, за якими будуватиметься матриця перетворення = 100,
- порогове значення для алгоритму RANSAC = 5.0,
- кількість ітерацій для алгоритму RANSAC = 1500,
- число кадрів в секунду відеофайлу = 60,
- затримка в секундах, з якої буде проводитися Витяг кадрів = 0.5.

Праворуч від знака рівно стоять значення, з якими працювала програма. На початку програми першим кадром відеофайлу ініціалізуються змінна  $R$  з підсумковою панорамою і змінна  $P$  з попереднім кадром. Проводиться опис

першого кадру (пошук особливих точок і витяг дескрипторів), яке запам'ятовується як опис попереднього кадру. Змінна  $N$  із загальним перетворенням ініціалізується одиничною матрицею розмірності 3. Алгоритм являє собою один великий цикл, в якому ми із заданою затримкою витягуємо кадри з відео і послідовно їх обробляємо, поки не досягнемо кінця.

Отже, у нас є поточний кадр  $C$ . Обчислюються особливі точки зображення і проводиться їх опис. Маючи два набори особливих точок (для  $P$  і  $C$ ) і їх кількісні описи, необхідно знайти відповідності між ними. Відбувається це наступним чином. Для дескриптора кожної особливої точки  $P$  знаходиться найближчий за нормою (залежить від виду дескриптора: для числового дескриптора SURF використовується норма  $L2$ , для бінарних дескрипторів ORB і AKAZE використовується норма Хеммінга), дескриптор точки на  $C$ . Аналогічні дії виробляються для точок  $C$  по відношенню до точок  $P$ . Якщо кожна з двох точок, одна з  $P$ , інша з  $C$  – є «кращою» для іншої, то ми приймаємо цю відповідність, інакше – відхиляємо як помилкове. Як зазначалося вище, не можна гарантувати точного збігу між усіма точками  $P$  і  $C$ . Тому застосовується алгоритм RANSAC, після чого ми отримуємо оптимальне перетворення  $A$  і відповідності, які йому не задовольняють. В умовах даного завдання їх число не повинно бути великим.

Далі набори точок сортуються по зростанню по відстані між ними.

Далі виконується склеювання зображень. До поточного кадру застосовується перетворення з матрицею  $A$ . Воно повинно приклеювати поточний кадр до попереднього. Оскільки розміри зображень однакові, а поточний кадр зрушать щодо попереднього, то частина пікселів образу  $I$  поточного кадру повинна мати або негативні, що перевищують розміри  $P$ . Якщо це не так і  $I$  міститься в  $P$ , то ми йдемо на наступний крок циклу.

Нехай  $\Delta x$  - отриманий зсув образу по ширині,  $\Delta y$  – по висоті. Припустимо, наприклад, що ми отримали  $\Delta x < 0$ ,  $\Delta y < 0$ . Це означає, що  $I$  виходить за межі  $P$  на деяку кількість пікселів вліво і вгору. Знайдемо напрямок, в якому образ зрушать максимально. Нехай, наприклад, це буде "вгору". Тоді на  $S$  залишимо тільки верхню половину і ще  $k = 0.1 h$  пікселів ( $h$  – висота зображення) нижче середини і будемо приклеювати до підсумкової панорами тільки цю частину. Таким чином, поруч з серединою  $P$  завжди буде знаходитися середина  $S$ , і на результаті буде залишатися тільки «вид зверху». Розглянемо малюнки 2.14, 2.15 і 2.16. Без цього дії ми б побачили один з варіантів, зображених на малюнках 2.14 і 2.15.



Рис.2.14



Рис. 2.15

З даним кроком на результаті буде те, що зображено на малюнку 2.16



Рис. 2.16

Аналогічні дії проводяться, якщо максимальним зрушенням образу є будь-який інший напрямок. Якби таким напрямком виявилось "вліво", то ми брали б крім лівої половини зображення ще  $k = 0.1w$  пікселів ( $w$ —ширина зображення).

Замість такого підходу можна було б використовувати фазову кореляцію, виконувану ще до обчислення особливих точок. Таким чином, можна було б очікувати скорочення часу роботи програми, але практика

показала, що цей метод в різних варіаціях схильний іноді видавати помилкові значення. Крім цього підсумкові результати мали гірші в порівнянні з іншими візуальними характеристиками. Тому було прийнято рішення відмовитися від фазової кореляції.

Далі до  $C$  застосовується перетворення з матрицею  $HA$ , що є добутком загального перетворення на отриману на поточному кроці. Ця дія повинна приклеїти  $C$  до підсумкової панорами  $R$ , але ми цього поки не робимо. Образ кадру виходить за межі панорами на деяку кількість пікселів. Ця ситуація реєструється, і до підсумкової панорами з потрібних сторін додається необхідне для повного приміщення образу кадру число пікселів. При цьому матриця перетворення не змінилася, тому для коректного позиціонування потрібно помножити її зліва на матрицю  $T$  паралельного перенесення поточного кадру в протилежні сторони на додане число пікселів. Після цього можна робити фінальне приклеювання с матрицею  $HTA$ .

В кінці потрібно не забути оновити загальне перетворення:  $H = HTA$

При описаному підході на підсумковій панорамі залишаються шви, які легко видаляються медіанним фільтром. При цьому чіткість зображення візуально залишається такою ж.

При вирішенні задачі на основі SURF відповідно до евристики обчислення неповного набору особливих точок був застосований досить прямолінійний адаптивний алгоритм: якщо число отриманих точок для кадру було менше бажаного, то порогове значення гессіана зменшувалося на 100 і точки обчислювалися заново; якщо ж число точок хоча б в 1.5 рази перевершувало число бажаних, то значення гессіана для наступної ітерації збільшувалося на 400. Алгоритму ORB можна явно задати число бажаних особливих точок. Було помічено, що алгоритм AKAZE знаходить менше число точок в порівнянні з іншими, працюючи приблизно так само швидко, тому для нього не встановлювалося подібних обмежень.

Параметри відеофайлів:



Тривалість: 1 хвилина 1 секунда, 1 хвилина 7 секунд

Ширина кадру: 1920 пікселів

Висота кадру: 1090 пікселів

Бітрейт: 16000 кб / сек

Частота кадрів в секунду: 60 кадрів

Тип файлу: H264-MPEG-4 AVC (part 10)

Для першого відео програми на основі алгоритмів SURF, ORB, AKAZE показали наступний час роботи відповідно: 231 сек, 225 сек, 255 сек. Для другого відео програми на основі алгоритмів SURF, ORB, AKAZE показали наступний час роботи відповідно: 235 сек, 220 сек, 228 сек.

Результати роботи для алгоритмів SURF, ORB, AKAZE для першого відеофайлу (рис. 2.17-2.19):



Рис. 2.17





Рис. 2.18



Рис. 2.19

Результати роботи для алгоритмів SURF, ORB, AKAZE для другого відеофайлу (рис. 2.20-2.22):



Рис. 2.20



Рис. 2.21





Рис. 2.22

Як можна бачити, всі методи працюють приблизний однаковий час і видають практично не відрізняються результати для тестових відеофайлів.

## РОЗДІЛ 3

### СТВОРЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

#### 3.1 Опис ідеї стартап-проекту

Розглянувши в попередніх розділах існуючі методи панорамних зображень було запропоновано новий метод, розраховано його параметри, а також приведені експериментальні дані. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту запропонованого методу.

Ідея проекту полягає у використанні склейки зображень для створення панорамних знімків для таких сфер як, навігація, розвідка, моніторинг полів, що уточнено наведено в табл. 3.1.

У таблиці 3.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 3.1

Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створити економічну, мобільну та компактну систему, яка забезпечує створення панорамних знімків для подальшої обробки в різних цілях.	1. Розвідка.	Швидкий і дешевий спосіб розвідки позицій противника.
	2. Робототехніка та навігація.	Покращення існуючих методів навігації за рахунок використання

		панорамних знімків.
	3. Аграрна.	Покращення якості та зменшення часу на створення панорамних знімків для дослідження полів.

Отже, пропонується новий спосіб створення панорамних знімків вищої якості, з меншими часовими витратами, який може бути використаний для проведення розвідки з безпілотних літальних апаратів або з використанням зброї 40 калібру, покращення методів навігації для автоматизованих систем за рахунок розширення поля зору камери з покращенням якості зображення, пришвидшення та покращення точності аналізу якості посівів на полях.

Таблиця 3.2

## Інформаційна карта проекту

Назва проекту	Багатоканальна оптико-електронна система для склейки зображень
Ідея стартап-проекту	Створити модульну компактну та дешеву систему з низькою ціною та високою якістю для склейки зображень.
Термін реалізації	12 місяців.
Необхідні ресурси	База комплектуючих.
Опис проблеми, яку вирішує стартап- проект	Покращує якість великою групи задач пов'язаних з склейкою зображення.

Головні цілі та завдання стартап-проекту	Створити система, яка стане передовою на ринкові.
Очікувані результати	Вихід на глобальний ринок систем для склейки зображень.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;
- проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техні к о- еконо м ічні харак те ристи к и ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів				W (сл аб ка сто р. )	N (н е йт р. ст о р.)	S (сил ьн а стор. )
		Мій прое кт	ARGU S -IS	Simera	L3Harri s			

1	Якість знімків	Середня	Висока	Висока	Висока	+		
2	Ціна	1500	50000	30000	20000			+
3	Наявність додаткових функцій	-	+	+	+	+		
4	Вага	300 г	30 кг	20 кг	25 кг			+

Сильними сторонами ідеї проекту є ціна продукту, за рахунок використання дешевших сенсорів і простоти конструкції. Також до сильних сторін відноситься вага конструкції, яка досягається за рахунок простоти конструкції і відокремлювання блоку обробки даних. До слабких сторін відноситься якість знімків, яка зумовлена використанням менших сенсорів і оптика для зменшення ваги продукту, хоча для умов застосування продукту даний фактор не є критичним. Також до слабких сторін відноситься відсутність додаткового функціоналу, такого як автоматичне виявлення цілей, інтелектуальний аналіз отриманих знімків, супровід об'єктів. Усунення цього недоліку призведе до значного розширення клієнтської бази, при не критичному зростанні ціні.

### 3.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології , за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

На ринку існує велика кількість підходів до проблеми створення панорамних зображень. Всі існуючі рішення можна розділити на три основні групи:

- Скануючі системи.
- Ширококутні системи.
- Багатоканальні системи.

Скануючі системи представляють собою оптико механічну систему з скануючою призмою чи дзеркалом. За рахунок переміщення призми чи дзеркала вдається отримати панорамне зображення. Основним недоліком даних систем є складна конструкція і великі габарити і маса, за рахунок механічної частини.

Ширококутні системи є одними з найпростіших варіантів. Вони реалізуються за рахунок оптичних систем з великими полями зору. Хоча дані системи є найдешевшими і найкомпактнішими, проте вони мають низьку якість за рахунок оптичних аберацій та не забезпечують такі поля зору як інші групи систем.

Багатоканальні системи виділяються відміною якістю за рахунок використання оптики з меншими кутами та кращими характеристиками. Хоча системи з даної групи мають складну конструкції, проте вони є простішими за скануючі системи. Також за рахунок заміни механічних компонентів та великогабаритних оптичних компонентів на електричні, які є значно меншими за розмірами забезпечується менша маса і компактність конструкції.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Технологічна здійсненність ідеї проекту



№ п/ п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Створити економічну, мобільну та компактну систему, яка забезпечує створення панорамних знімків високого розділення.	Скануючі системи.	Наявні	Важкодоступні
		Ширококутні системи.	Наявні	Доступні
		Багатоканальні системи.	Наявні	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: багатоканальні системи.				

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що наш проект буде реалізовуватися технологією багатоканальних систем. Цей метод є мало використовуємо, оскільки історично широкого застосування набув метод скануючих систем, при використанні ширококутних систем також можна досягнути великого поля зору при значно менших технологічних зусиллях. Проте метод багатоканальних систем дає знімки з вищим розділенням ніж два інших при меншій складності конструкції ніж метод скануючих систем.

### 3.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/ п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од.	3
2	Загальний обсяг продаж, грн./ум.од.	500 млн. дол.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає (16,3%/рік)
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Ліцензування продукції
5	Специфічні вимоги до стандартизації та специфікації	Є
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	30%

Зробивши попередній аналіз ринку, можна зробити висновок, що потенційний ринок є привабливим для входження, оскільки динаміка ринку є позитивною, мала кількість великих конкурентів та висока рентабельність.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

#### Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/ п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
--------------	--------------------------	--	---	-----------------------------

1	Необхідність у знімках полів з високою роздільною здатністю.	Аграрії та компанії які надіють послуги моніторингу полів.	Ціна, якість, швидкість, маса.	Приваблива ціна, високий рівень якості знімків, швидкість створення знімків.
2	Необхідність у швидкому отриманні знімків території.	Військові, прикордонники.	Ціна, швидкість.	Можливість швидко отримати знімки певної території, портативність.
3	Необхідність у ширококутних знімках високої якості.	Виробники роботизованих систем.	Габарити, якість, швидкість.	Отримання високоякісних знімків з полем зору більше 130, компактність приладу.

Цільовою аудиторією є військові, аграрії та виробники роботизованих систем. Різна поведінка споживачів спричинена ціною, результативністю методів, компактністю та точністю. Різницею у поведінці компаній є ціна, якість та швидкість.

Таблиця 3.7

## Фактори загроз

№ п/ п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Створення нових економічних методів	Створення нових методів склейки які будуть більш точними, швидкими та безпечними	Оптимізація запропонованого методу, освоєння нових методів з використанням штучного інтелекту
2	Оптимізація існуючих методів	Вдосконалення існуючих методів	Оптимізація запропонованого методу, освоєння нових методів з використанням штучного інтелекту
3	Вихід на ринок більш відомих компаній	Вихід на ринок компаній, які більш відомі і яким клієнти більше довіряють	Пошук методів співпраці з компаніями, які є їх конкурентами, але які не вийшли на ринок, в якому є ваша компанія
4	Використання штучного інтелекту	Використання для склейки зображень штучного інтелекту	Освоєння нових методів з використанням штучного інтелекту

5	Використання нових більш швидких методів	Використання нових технологій задля склейки зображень	Вихід на інший ринок, який потребує систем склейки зображень, огляд можливих методів для покращення продукту.
---	--	---	---

Аналіз факторів загроз показав, що поведінка конкурентів може завадити виходу на ринок, або може спричинити вихід з нього. Конкуренти можуть створити новий метод, або вдосконалити свої існуючі методи. Також, компанії можуть використовувати нові методи склейки зображень. Тому основними реакціями компанії є оптимізація запропонованого методу та пошук нових результативніших рішень.

Таблиця 3.8

## Фактори можливостей

№ п/ п	Факт ор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Потреба клієнтів в результативнішому методі	К л і є н т и х о ч у т ь о т р и м а т и б і л ь ш результативні ші методи	Вдосконалення запропоновано го методу
2	Винайдення простого та результативного методу	При оптимізації та аналізу методів можливе винайдення нового методу	Оптимізація запропоновано го методу та аналіз існуючих

3	Можливість здешевлення методу	Нові технології можуть сприяти зменшенню ціни	Впровадження нових технологій
4	Вихід на міжнародний ринок	Можливість виходу на міжнародний ринок	Впровадження нових технологій, вдосконалення запропонованого методу

Аналіз факторів можливостей показав, що поведінка споживачів може призвести до вдосконалення методу, виходу на міжнародний ринок, можливості використання новітніх технологій. Тому, є необхідність в подальшому шукати методи вдосконалення методу, аналіз існуючих та впровадження нових технологій.

Таблиця 3.9

#### Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентно го середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможно ю)
1. Монополістична конкуренція	Галузь в основному є конкурентоспроможно ю, проте існує декілька явних лідерів	Щоб вийти на ринок необхідно мати конкурентний метод

2. Глобальний рівень конкурентної боротьби	Закордонні конкуренти	Вихід на Український ринок не передбачає ніяких проблем, оскільки в Україні не має подібних систем, проте вихід на міжнародну арену може бути складним
4. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між товарами одного виду	Оптимізація запропонованого методу та пошук нових
5. Ціновий характер	Продукція дорога	Зменшити вартість розробки, впровадити нові технології

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку показав, що наявна конкуренція в Україні ускладнює вихід на ринок, тому необхідно створити якісний метод. Але, мій метод є недорогим, тому може конкурувати з існуючими компаніями. Для впровадження методу за кордон, необхідно впроваджувати нові технології.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 3.10

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Склад ові аналіз у	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачал ьник и	Клієнти	Товари- замінники
	Harris, LogosTech, DARPA, 3D Robotics Aeryon Systems	Наявність товарних знаків, розмір капіталовк ладень, доступ до ресурсів, можливість використання новітніх технологій	Значення розміру поставок для постачаль ників, налагоджені поставки	Торговельні знаки, прибутки, система інформації	Використання звичайних камер, ширококутних камер.



Висновки:	В межах України конкурент на боротьба неінтенсив на	Є можливо ст і входу на ринок в Україні за рахунок за рахунок наявної конкуренції ї, на міжнарод н ий ринок – за рахунок новітньої системи	Постач ал ьники не диктують умови роботи на ринку	Клієнти диктують певні умови: пізнава нні сть продукт у, ціна, реклама , якість	Товари-замінники є, але вони не є дуже точними.
-----------	---	--	---	---	---

Зробивши аналіз конкурентного ринку, та деякі обмеження з боку клієнтів, можна зробити висновок, що робота на Українському ринку не буде дуже важкою оскільки немає наявної конкуренції. На мій погляд, вихід на міжнародний ринок можливий, не дивлячись на важку конкуренцію та наявність товарів-замінників, оскільки технологія є новою, економічною, ергономічною та якість.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Таблиця 3.11

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Потреби споживачів	Потреби споживачів обумовлюють необхідність розробки проекту
2	Ціна та собівартість продукції	Рівень цін повинен бути менший ніж ціни конкурентів
3	Якість	Якість має бути не меншою ніж у конкурентів
4	Маркетинговий потенціал	Створити гарний імідж компанії
5	Простота експлуатації	Прилад повинен бути простим у використанні для будь-яких користувачів
6	Технічне обслуговування	Міжнародна технічна допомога та обслуговування клієнтів
7	Безпечність	Рівень безпечності має бути не меншим ніж у конкурентів

Результат обґрунтування факторів конкурентоспроможності показав, що існує фактор потреби споживачів, який обумовлює необхідність розробки проекту. Цей проект повинен конкурувати в ціні та собівартості, бути безпечним, якісним, а також вийти на міжнародний рівень.

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Ба ли 1- 20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Потреби споживачів	5					+		

2	Ціна та собівартість продукції	20							+
3	Якість	10					+		
4	Маркетинговий потенціал	4			+				
5	Простота експлуатації	18							+
6	Технічне обслуговування	6				+			
7	Безпечність	7				+			

Таблиця 3.12. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Метод оптико-електронного позиціювання».

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Метод оптико-електронного позиціювання» показав, що в цілому маркетинговий потенціал запропонованого проекту є дещо слабкою стороною у порівнянні з конкурентами, тому необхідно покращувати позиції в цьому напрямку. До сильних факторів конкурентоспроможності можна віднести ціну та собівартість продукції та простоту експлуатації.

Таблиця 3.13

#### SWOT-аналіз стартап-проекту

<p><u>Сильні сторони:</u> низька собівартість продукції дає змогу зменшити поріг на кінцеву ціну; висока якість продукції; технічне обслуговування, немає аналогів в Україні.</p>	<p><u>Слабкі сторони:</u> трохи гірша якість ніж у широковідомих конкурентів, відсутність допоміжного функціоналу.</p>
---	--

<u>Можливості:</u> можливість створення нового методу, вдосконалення запропонованого методу; вихід на міжнародний ринок, впровадження штучного інтелекту	<u>Загрози:</u> поява нових гравців на ринку; активність конкурентів – конкуренти можуть запропонувати нові методи; нові потреби споживачів
--	---

SWOT-аналіз стартап-проекту дає зрозуміти, що сильними сторонами проекту є низька собівартість, а тому і низька ціна продукції, простота використання, технічне обслуговування, нема наявних конкурентів в Україні, та нема наявних лідерів в світі. До слабких сторін належать початковий слабкий імідж продукції на ринку. Поява нових гравців на ринку, активність конкурентів та нові потреби споживачів – це ринкові загрози, а поява нових технологій сприятиме збільшенню інтересу, потреб споживачів, а отже і зростанню ринку – це ринкові можливості, до яких можна додати можливість створення нового ринку, вдосконалення запропонованого методу, вихід на міжнародний ринок.

На основі SWOT-аналізу було розроблено альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Таблиця 3.14

## Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
-------	--	--------------------------------	-------------------

1	Проведення робіт по підвищенню кваліфікації робітників компанії	60%	1-4 міс.
2	Приймати участь в міжнародних конференціях	55%	3-12 міс.
3	Запросити професійних інженерів в цій галузі	20%	2-6 міс.

З усіх альтернатив було обрано проведення робіт по підвищенню кваліфікації робітників компанії – 60%, а строки реалізації – найменшими 1-4 міс. Але не виключається дві інші альтернативи, оскільки вони можуть підвищити імідж серед міжнародних користувачів.

### 3.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 3.15

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/ п	Опис профілю цільової групи потенційн их клієнт ів	Готовніст ь споживач ів сприйнят и продукт	Орієнтовн ий попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивніс ть конкуренції в сегменті	Просто та входу у сегмен т
--------------	---	--	---	--	---

	Військові і розвідка	Готові	1000 копій	Низька	Середня
	Аграрії	Не готові	100 копій	Значна	Легка
	Виробники робототехніки	Готові	500 копій	Не значна	Середня
<p>Які цільові групи обрано:  Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із військовими</p>					

Цільовою групою потенційних клієнтів було обрано військових, оскільки вони мають високий попит на даний товар та низький рівень конкуренції. Не всі групи готові сприйняти продукт. Орієнтовний попит для першої групи – 1000 копій, другої – 100 копій, третьої – 500. Інтенсивність конкуренції в сегменті в рамках України не значна, а вхід у сегмент є середнім, однак тільки на міжнародний ринок. Оскільки компанія працює з декількома сегментами – вона використовуватиме стратегію диференційованого маркетингу.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 3.16

## Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
-------	------------------------------	---------------------------	--	---------------------------

1	Проведення робіт по підвищенню кваліфікації робітників компанії	Ексклюзивний розподіл	Підвищення рівня кваліфікації сприятиме оптимізації запропонованого методу, а також винайдення нових.	Стратегія диференціації
2	Запрошення іноземних спеціалістів в	Ексклюзивний розподіл	Запрошення іноземних спеціалістів сприятиме розвитку компанії та можливість виходу на міжнародний ринок	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 3.17).

Таблиця 3.17

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/ п	Чи є проект «першопрохідце м» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів ?	Чи буде компанія копіювати основні характеристи ки товару конкурента, і які ?	Стратегія конкурентн ої поведінки?
1	Ні, оскільки у конкурентів реалізовані подібні методи	Компанія буде забирати існуючих споживачів у конкурентів і шукати нових	Ні, оскільки запропонован ий метод сильно відрізняється	Стратегія позиціюван ня

Базовою стратегією конкурентної поведінки було обрано стратегію позиціювання, оскільки вона є найбільш доцільною. Компанія показує чим продукт унікальний, чим відрізняється від конкурентів, чим корисний споживачу, а саме відбувається позиціювання на особливостях технології, що є важливим для споживачів. Також, з таблиці видно, що товар не є "першопрохідцем", але компанія не буде копіювати основні характеристики товарів у конкурентів.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегію позиціювання яка



визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект

Таблиця 3.18

## Визначення стратегії позиціонування

№ п / п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базов а стратег ія розвит ку	Ключові конкурентоспромо жн і позиції власного стартап- проекту	Вибір асоціацій, які мають сформуват и комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Якість	Стратегія диференціа ції	Використання сучасного методів та підходів для вирішення поставлених задач	Простота, якість, технічне обслуговуван н я
2	Тенічне обслуговуванн я			
3	Простота			

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.19 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 3.19

## Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/ п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Компактність	Товар може легко транспортуватися	Товар є компактным, що дає перевагу, оскільки клієнти можуть встановити його де завгодно.
2	Економічність	Може придбати більше людей та компаній	Придбати запропонований товар можуть більше людей

Формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач, показало, що споживачі, у яких буде впроваджено даний стартап-проект, будуть задовольнятися потреби, зокрема товари можуть бути доставлені у будь-яке місце, оскільки система є компактною, також придбати її можуть більшість людей.

Таблиця 3.20

## Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Метод багатоканальної склейки зображень		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Якість	Нм	Тх
	2. Простота використання	Нм	Е
	3. Технічне забезпечення	М	Тх
	4. Безпечність	Нм	Тх
	5. Компактність	М	Вр

	Якість: параметри тестування, стандарти, нормативи, точність, безпечність
	Пакування: Коробка з пінопластом
	Марка: "MAS"
III. Товар із підкріпленням	До продажу: вміння проектувати оптичні та оптико-електронні прилади
	Після продажу: не потребує особливих навичок
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патенту на корисну модель, комерційної таємниці	

Опис трьох рівнів моделі товару показав, що основний задум даного стартап-проекту полягає у створенні нового методу склейки зображень. Перевагою даного проекту є підвищення рівня точності, безпечності та компактності в порівнянні з низьким рівнем ціни на проект. До продажу виробникам потрібно мати особливі навички для створення приладу, а після продажу клієнти зможуть користуватися без спеціальних навичок, що робить прилад простим у використанні. Проект буде захищено від копіювання за рахунок патенту на корисну модель та комерційної таємниці.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 3.21).

Таблиця 3.21

## Визначення меж встановлення ціни

№ п/ п	Рівень цін на товари- замінники	Рівень цін на товари- аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	1000 – 2500 \$	20000 – 50000 \$	5000 – 60000\$	1500 – 2500\$

Виконавши аналіз рівня цін на товари замітники, товари аналоги та доходів цільової групи споживачів було сформовано нижню \$1500 та верхню \$2500 межі встановлення ціни на товар, що дає цінову перевагу перед товарами конкурентів.

Таблиця 3.22

## Формування системи збуту

№ п/ п	Специфіка закупівельн ої поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальни к товару	Глибина каналу збуту	Оптимальн а систему збуту
--------------	---	--	----------------------------	---------------------------------

1	На сьогоднішній день клієнти купують продукцію безпосередньо у компанії розробника	<ul style="list-style-type: none"> <li>- встановлення контактів зі споживачами, їх підтримка;</li> <li>- розробка і реалізація програм з підтримки лояльності клієнтів;</li> <li>- дослідницька робота зі збору маркетингових інформації.</li> </ul>	Канал нульового рівня (виробник безпосередньо продає товар клієнту)	Збут продукції відбуватиметься безпосередньо через сайт виробника
---	--	--	---	---

Збут товару буде відбуватися через сайт розробника. Завдяки цьому можна легко встановлювати контакти зі споживачами та їх подальшу підтримку, організовувати дослідницьку роботу зі збору маркетингової інформації та розробку і реалізацію програм підтримки лояльності клієнтів.

Таблиця 3.23

Концепція маркетингових комунікацій

№ п / п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користують ся цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціювання	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного повідомлення
1	Клієнти дізнаються про нові продукти з реклами в інтернеті, наукових публікацій, сайтів компаній, соціальних мереж, за рекомендаціями інших людей, наукових конференціях	Соціальні мережі, публікації, інтернет	SM M, контент-маркетинг	Представлення товару з метою залучення та зацікавлення клієнтів	«Новий потужний і якісний метод склейки зображень»

Зважаючи на те, що цільові клієнти більше частину інформації про нові товари отримують через мережу інтернет, сайти, соціальні мережі та

публікацій, то доцільними ключовими позиціями було обрано SMM та контент-маркетинг. Завданням рекламного повідомлення є зацікавлення та позиціювання товару новим клієнтам. Також, необхідним є створювати наукові публікації та виступи на наукових конференціях.

Узагальнюючи проведений аналіз стартап-проекту можна зробити висновок.

Попит на продукцію є, що підтверджується позитивною динамікою ринку та потребі в створенні нових дешевших і якісніших методів склейки зображень.

Інтенсивність конкуренції в сегменті в рамках України не значна, а вхід у сегмент є простим, але ускладнюється якщо виходити на міжнародний ринок. Цільовою групою потенційних клієнтів є аграрії, військові та розвідка, розробники роботизованих систем, які потребують якісних панорамних зображень або зображень з великими кутами зору.

В якості альтернативи впровадження проекту доцільно обрати проведення робіт по підвищенню кваліфікації робітників компанії. За межами України є необхідність у виступах на конференціях та приймати участь у міжнародних виставках.

Перевагою даного проекту є підвищення рівня точності, безпечності та компактності в порівнянні з низьким рівнем ціни на проект. До продажу виробникам потрібно мати особливі навички для створення приладу, а після продажу клієнти зможуть користуватися без спеціальних навичок, що робить прилад простим у використанні. Проект буде захищено від копіювання за рахунок патенту на корисну модель та комерційної таємниці.

Оскільки цільова аудиторія дізнається про нову продукцію переважно через мережу інтернет, спеціальних видань, профільних сайтів та публікацій, було вирішено, що найдоцільнішим шляхом розповсюдження продукції є сайт виробника. Також, необхідним є створювати наукові публікації та виступи на наукових конференціях.

Здійснення (імплементация) запропонованого проекту є доцільною, оскільки технології та проекти зі створення панорамних знімків залишаються та будуть актуальними у майбутньому.



## ВИСНОВКИ

Провівши дослідження, можемо зробити наступні висновки:

Віртуальна реальність – сучасна сфера інформаційних технологій, яка передбачає інструменти й засоби для створення штучного комп'ютерного інформаційного середовища, інтерактивного по відношенню до користувача.

По віртуальному туру можна переміщатися, використовуючи спеціальні переходи і орієнтуючись по карті, на якій вказуються центри віртуальних панорам і напрям погляду користувача. Перехід - спеціальна технологія, що дозволяє об'єднувати декілька віртуальних панорам в віртуальні тури. Завдяки наявності таких переходів, у користувача створюється враження, що він переміщується з одного приміщення в інше так, як це було б в реальності.

Процес зйомки панорами виглядає таким чином:

- Обирається об'єкт фотографування.
- Знаходиться центральна точка з якої буде вестись зйомка.
- Виставляється штатив та закріплюється фотоапарат на ньому(важливо визначити оптимальну висоту, яка дозволить об'єктиву захопити максимальну кількість елементів на фото).
- Фотоапарат з рухомою платформою обертається навколо своєї осі та робить серію кадрів (необхідно зробити повний оберт і повернутись в початкове положення з якого починалась зйомка).

В ході проведеної роботи був сформований алгоритм для склеювання панорамного зображення по відеоряду, в якому проводиться зйомка в одній площині, а також проведено дослідження і порівняння методів пошуку і опису особливих точок. Отриманий алгоритм не є прив'язаним до змісту відео і його дозволу через використання алгоритму на основі пошуку особливих точок.

У даній реалізації не використовувалися алгоритми блендінга, не проводилося оцінки параметрів камери і усунення дісторсій, тому отримані результати можуть «програвати» панорам, створюваним спеціальними

програмами. Для порівняння наведемо таку панораму, отриману за допомогою програми Image Composite Editor, розроблену в Microsoft Research.

З переваг наведеного алгоритму можна виділити швидкість роботи.

В кінці було розроблено стартап-проект для багатоканальної системи спостереження. Завдяки даному розділу було виділено основні тези для позиціювання даної системи на ринкові. Також було представлено переваги даної системи, що компенсують недоліки в порівнянні з конкурентами. Одним із найважливіших моментів був розгляд можливих ризиків в ході виходу на ринок і відповідно було розглянуто контр заходи для обмеження та виправлення даних ризиків. Також було виділено основні тези для маркетингової компанії для стартап-проекту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Віртуальна екскурсія [Електронний ресурс] - Режим доступу: [https://osvita.ua/school/lessons\\_summary/education/36910/](https://osvita.ua/school/lessons_summary/education/36910/)
2. Віртуальні тури та панорами [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://1panorama.ru/>
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
4. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. 616 с.
5. Євсєєв О. С. Створення інтерактивних медіа : навчальний посібник для студентів спеціальності 8.05150102 "Технології електронних мультимедійних видань" / О. С. Євсєєв. – Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 136 с.
6. Знімаємо сферичну панораму [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://photo-element.ru>
7. Зорі С. А. Організація реалістичною стерео візуалізації сцен 3D-графіки - Донецьк: ДонНТУ, 2014. - С. 340-348
8. Зорі С. А. Синтез зображень тривимірних об'єктів сцен на основі їх фотографій - Донецьк, ДонНТУ, 2004.- 6 с
9. Куцаченко Н. Г. Сравнительный анализ визуализаторов для реализации проектов с поддержкой виртуальной реальности на платформе Android, Мультидисциплинарный научный журнал "Интернаука", Выпуск 17, 2017
10. Куцаченко Н. Г. Сравнение алгоритмов трекинга движения при реализации средствами OpenCV, Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 19-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2015, Київ 22-25 червня 2017 р.
11. Панорамна фотографія [Електронний ресурс] - <https://1panorama.ru/>
12. Програми для створення панорам [Електронний ресурс] - [sovety.pp.ua](http://sovety.pp.ua)

13. Створення 3D турів і панорам [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://pano.su/>
14. Створення віртуальних турів [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://habrahabr.ru/qa/4885/>
15. Alcantarilla P. F., Nuevo J., Bartoli A. Fast Explicit Diffusion for Accelerated Features in Nonlinear Scale Spaces // British Machine Vision Conf. (BMVC). Bristol, UK. 2013
16. Bay H., Ess A., Tuytelaars T., Van Gool L. Speeded-Up Robust Features (SURF) // Computer Vision and Image Understanding, 2008. Vol. 110, Issue 3. P. 346–359.
17. Brown M., Lowe D. G. Automatic Panoramic Image Stitching Using Invariant Features // International Journal of Computer Vision, 2007. Vol. 74, Issue 1. P. 59–73.
18. Brown M., Lowe D. G. Recognising Panoramas // Proceedings of the Ninth IEEE International Conference on Computer Vision, 2003. Vol. 2. P. 1218–1225.
19. Deqing Sun, Stefan Roth, Michael J. Black Secrets of optical flow estimation and their principles, Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010 IEEE Conference on
20. Fischler M. A., Bolles R. C. Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography // Communications of the ACM, 1981. Vol. 24, Issue 6. P. 381–395.
21. Hartley R., Zisserman A. Multiple View Geometry in Computer Vision. New York: Cambridge University Press, 2004. 670 p.
22. Image Alignment (Feature Based) using OpenCV [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.learnopencv.com/image-alignment-feature-based-using-opencv-c-python/>.
23. Jason Jerald, Peter Giokaris, Danny Woodall, Arno Hartbolt, Anish Chandak, Sebastien Kuntz Developing virtual reality applications with Unity, Virtual Reality (VR), 2014 IEEE, Minneapolis, MN, USA

24. Jonathan Schlueter, Holly Baiotto, Melynda Hoover, Vijay Kalivarapu. Gabriel Evans, Eliot Winer Best practices for cross-platform virtual reality development, SPIE 10197, Degraded Environments: Sensing, Processing, and Display 2017, 1019709
25. Marie-Laure Ryan, Narrative as Virtual Reality: Immersion and Interactivity in Literature and Electronic Media, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, 2001
26. Michael W. Tao, Jiamin Bai, Pushmeet Kohli, and Sylvain Paris. SimpleFlow: A Non-iterative, Sublinear Optical Flow Algorithm. Computer Graphics Forum (Eurographics 2012), 2012.
27. OpenCV.: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenCV>
28. OpenCV – описание библиотеки компьютерного зрения.: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://prog-master.com/opencv-opisanie/>.
29. Parth Rajesh Desai, Pooja Nikhil Desai, Komal Deepak Ajmera, Khushbu Mehta A Review Paper on Oculus Rift-A Virtual Reality Headset, <https://arxiv.org/abs/1408.1173>
30. Rublee E., Rabaud V., Konolige K., Bradski G. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF // Proceedings of the 2011 International Conference on Computer Vision, 2011. P. 2564-2571.
31. Seth A., Vance, J.M. & Oliver, J.H., Virtual reality for assembly methods prototyping: a review, 2011, doi:10.1007/s10055-009-0153-y
32. Szeliski R. Image Alignment and Stitching: A Tutorial // Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision, December 2006. Vol. 2, Issue 1. P. 1–104.
33. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. New York: Springer-Verlag, 2010. 812 p.

34. Steedly D., Pal C., Szeliski R. Efficiently Registering Video into Panoramic Mosaics // Tenth IEEE International Conference on Computer Vision, 2005. Vol. 2. P. 1300–1307.

35. Unity VR Overview: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://unity3d.com/ru/learn/tutorials/topics/virtual-reality/vr-overview?playlist=22946>

36. Unreal Engine, Virtual Reality Best Practices: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/latest/INT/Platforms/VR/ContentSetup/index.html>