

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ ЮРИДИЧНИЙ ІНСТИТУТ**

*Ю. Ю. АТАМАНЕНКО*

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ  
РЕЄСТРАЦІЇ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ  
ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД  
ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ  
БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*Монографія*

Кривий Ріг – 2019

УДК 528.71+528.083  
ББК 26.12  
А-92

Рекомендовано до друку Вченою радою Донецького юридичного інституту МВС України  
(протокол № 11 від 26 червня 2019 року)

#### Рецензенти:

**Катушков В.О.** – професор кафедри геоінформатики і фотограмметрії Київського національного університету будівництва і архітектури, доктор технічних наук, професор

**Марценишин Ю. І.** – начальник Управління патрульної поліції в Закарпатській області Департаменту патрульної поліції, кандидат юридичних наук, майор поліції

**Рябчій В.В.** – завідувач кафедри геодезії Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», кандидат технічних наук, доцент

А-92 Геоінформаційна технологія реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод із використанням безпілотних літальних апаратів: монографія / Ю.Ю. Атаманенко, ДЮІ МВС України. – Кривий Ріг, 2019. – 132 с.

*У монографії теоретично узагальнено та розв'язано науково-прикладне завдання щодо розроблення геоінформаційної технології реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод із використанням безпілотних літальних апаратів. Розроблено технологію реєстрації дорожньо-транспортних пригод з використанням безпілотного апарата, обґрунтовано вибір висоти польоту та умови використання безпілотного літального апарата під час реєстрації аварії, доведено ефективність застосування запропонованої технології.*

*Уперше розроблено структурно-функціональну модель веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП», подано концептуальну та логічну моделі бази геопросторових даних веб-порталу. Запропоновано поетапну технологічну схему опрацювання аерознімків на веб-порталі.*

*Книга розрахована на вчених, викладачів вищих навчальних закладів технічного профілю, здобувачів наукового ступеня, слухачів магістратури, студентів та усіх, хто цікавиться автоматизацією процесу фіксування дорожньо-транспортних пригод із використання БПЛА та ГІС-технологій.*

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....</b>	<b>5</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РЕЄСТРАЦІЇ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД...</b>	<b>8</b>
1.1. Стисла характеристика предметної сфери та класифікація напрямків дослідження.....	8
1.2. Аналіз стану і тенденцій розвитку геоінформаційних технологія реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод.....	14
1.2.1. Складання схеми місця дорожньо-транспортної пригоди за допомогою рулетки.....	14
1.2.2. Технологія виконання стереофотограмметричного знімання при реєстрації дорожньо-транспортної пригоди.....	16
1.2.3. Однокамерне стереофотограмметричне знімання.....	17
1.2.4. Наземне лазерне сканування.....	20
1.2.5. Технологія створення 3D - моделей дорожньо-транспортних пригод науковцями Analist Group.....	20
1.3. Порівняння сучасних комп'ютерних програм опрацювання даних лазерного сканування для створення тривимірних моделей.....	23
1.4. Вибір масштабу при картографуванні дорожньо-транспортної пригоди наявними технологіями.....	27
<b>ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....</b>	<b>29</b>
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ТЕХНОЛОГІЇ КАРТОГРАФУВАННЯ МІСЦЬ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.....</b>	<b>31</b>
2.1. Узагальнена технологічна схема та обґрунтування можливості застосування систем безпілотних літальних апаратів для реєстрації дорожньо-транспортних пригод.....	31
2.1.1. Узагальнена технологічна схема застосування БПЛА для реєстрації ДТП.....	31
2.1.2. Аналіз технічних можливостей застосування квадрокоптера Nine Eagles Galaxy Visitor 2 для реєстрації ДТП..	33
2.1.3. Спосіб визначення лінійних елементів знімання місцевості ДТП безпілотним апаратом.....	37
2.1.4. Аналіз технічних можливостей застосування квадрокоптерів DJI Phantom 3 для реєстрації ДТП.....	39
2.2. Результати калібрування цифрової камери БПЛА за аерознімками тестового полігона.....	43
2.3. Результати дослідження точності аерознімання на дослідному полігоні.....	47

2.3.1. Геодезичні вимірювання на дослідному полігоні.....	47
2.3.2. Оцінка точності за різницею подвійних різноточних вимірів.....	57
2.3.3. Статистична оцінка ряду виміряних різноточних віддалей за даними цифрового аерознімання з БПЛА.....	66
2.4. Технологічна схема реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод із використанням БПЛА з вимогами та змістом етапів.....	69
2.4.1. Вибір оптимальної висоти польоту БПЛА при реєстрації ДТП.....	71
2.4.2. Рекомендації щодо користування безпілотним апаратом за різних погодних умов.....	73
2.4.3. Оцінювання економічної ефективності застосування технології реєстрації ДТП з використанням БПЛА.....	76
<b>ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....</b>	<b>78</b>
<b>РОЗДІЛ 3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЕБ-ПОРТАЛУ «ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ ЦЕНТР МОНІТОРИНГУ ДТП».....</b>	<b>79</b>
3.1. Структурно-функціональна модель веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП».....	79
3.2. Структурно-функціональна модель бази геопросторових даних веб-порталу та обґрунтування вибору засобів її реалізації.....	88
3.3. Концептуальна та логічна моделі бази геопросторових даних для реєстрації та картографування ДТП.....	93
3.4. Технологічна схема використання веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» під час реєстрації ДТП.....	102
3.5. Приклади використання веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» для оформлення ДТП.....	110
<b>ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....</b>	<b>114</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>116</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>118</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>127</b>

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

БПЛА	Безпілотні літальні апарати
ЛА	Літальний апарат
БЛС	Безпілотні літальні системи
МВС України	Міністерство внутрішніх справ України
УПП	Управління патрульної поліції
ПДР	Правила дорожнього руху
ДТП	Дорожньо-транспортна пригода
ДТР	Дорожньо-транспортний рух
ТЗ	Транспортний засіб
ОМП	Огляд місця пригоди
ОДР	Організація дорожнього руху
ВДМ	Вулично-дорожня мережа
БДР	Безпека дорожнього руху
СКП	Середня квадратична похибка
ГІС	Геоінформаційна система
ІАЦ	Інформаційно-аналітичний центр
АІС	Автоматизована інформаційна система
БД	База даних
СКБД	Система керування базами даних
МОД	Мова опису даних
ЗМД	Засоби маніпулювання даними
МЗД	Мовні засоби опису даних
ІС	Інформаційна система

## ВСТУП

Актуальність теми зумовлена соціальною й економічною значущістю підвищення точності, оперативності та комплексності реєстрації місця, умов, причин та наслідків виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП), число яких збільшується зі зростанням автомобілізації в країні. Якість даних щодо ДТП впливає не лише на якість прийняття адміністративних та юридичних ухвал щодо учасників ДТП, але й на рівень аналізу причин ДТП, визначення місць концентрації ДТП та прийняття інженерно-технічних і містобудівних рішень щодо удосконалення схем організації дорожнього руху, облаштування та реконструкції шляхів і дорожньої інфраструктури з метою поліпшення умов та безпеки на вулицях і шляхах для автомобільного руху.

Водночас складність небезпечних ситуацій під час дорожньо-транспортного руху вимагає нових підходів до швидкої реєстрації та дослідження місця пригоди. Розроблення геоінформаційної технології застосування засобів безпілотних літальних апаратів (БПЛА), спрямованої на вдосконалення процесу реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод у сучасних умовах, є науково-прикладним завданням, яке потребує ретельного дослідження.

Багатоаспектні проблеми сучасного етапу розвитку безпеки дорожнього руху стали предметом пошуків вітчизняних та зарубіжних науковців (Р. Байетт, О. Білятинський, З. Дерех, В. Жульов, А. Олександров, В. Поліщук, Б. Росінський, П. Степина, А. Nillson, К. Novak та ін.).

Останнім часом у наукових та практичних виданнях поширення набули питання, пов'язані з геоінформаційними системами і технологіями, забезпеченням якості геопросторових даних, що відображено у працях Ю. Карпінського, І. Колби, П. Колодія, Н. Лазоренко-Гевелі, А. Ляценка, Р. Рунця та ін.

Донині дослідження у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху виконувалися без розгляду можливостей застосування безпілотних літальних апаратів. Успіху в розробленні теорії та практики використання аерознімання для розв'язання прикладних завдань досягли науковці українських та зарубіжних шкіл фотограмметрії (Х. Бурштинська, В. Глотов, О. Дорожинський, В. Катушков, П. Крельштейн, С. Могильний, В. Сердюков, Р. Шульц та ін.).

Проблемі автоматичного та напівавтоматичного одержання даних про елементи місцевості присвячено публікації А. Вовка, В. Галецького, В. Колесніченка, В. Прохорчука, К. Третяка, А. Церкевича, Б. Четверікова та ін.

Більшість науковців вивчають умови і закономірності розвитку процесу аерознімання з використанням БПЛА, водночас дискусійними й такими, що потребують подальшого дослідження, залишаються питання ефективності та оперативності застосування БПЛА у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху.

Об'єктивна необхідність подальшого розвитку автоматизації технології реєстрації та формування якісного ортофотоплану місця ДТП зумовили актуальність теми монографії «Геоінформаційна технологія реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод із використанням безпілотних літальних апаратів».

Мета дослідження полягає в розробленні та експериментальній перевірці геоінформаційної технології реєстрації та картографування дорожньо-

транспортних пригод з використанням безпілотних літальних апаратів у сучасних умовах.

*Мета* дослідження зумовили вирішення таких завдань:

- на основі аналізу досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців з'ясувати проблемні питання технологій реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод;

- встановити сучасні тенденції і проблеми використання безпілотних літальних апаратів;

- розробити технологію реєстрації дорожньо-транспортних пригод на основі застосування сучасних безпілотних апаратів;

- дослідити економічну ефективність упровадження технології реєстрації ДТП із використанням БПЛА;

- створити структурно-функціональну модель веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП»;

- розробити концептуальну та логічну моделі бази геопросторових даних веб-порталу;

- розробити рекомендації щодо технологічної схеми використання веб-порталу під час реєстрації ДТП.

*Об'єкт дослідження* – картографування місця дорожньо-транспортної пригоди.

*Предмет дослідження* – геоінформаційна технологія реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод із використанням безпілотних літальних апаратів.

Методологічною основою даного дослідження є різноманітні наукові методи, які були використані у комплексі для того, щоб забезпечити достовірність знань, вирішення поставлених завдань й обґрунтованість зроблених висновків та сформульованих рекомендацій. До числа відповідних наукових методів відносяться наступні: *теоретичні*: аналіз та узагальнення – для дослідження проблемних та спірних питань, пов'язаних із наявною технологією фіксації дорожньо-транспортних пригод; порівняння й аналіз – для з'ясування стану розроблення означених завдань, визначення базових понять дослідження; класифікація та систематизація – для визначення складників процесу реєстрації дорожньо-транспортної пригоди; моделювання – для побудови ортофотоплану місця аварії;

*емпіричні*: опитування – для з'ясування серед учасників дорожнього руху доцільності розроблення технології реєстрації ДТП з використанням БПЛА, окреслення проблематики наявних технологій; практичний експеримент – для апробування й перевіряння ефективності розроблення технології реєстрації ДТП;

*статистичний*: кількісний і якісний аналіз експериментальних даних – для цифрового оброблення зображення цифрового моделювання на базі сучасних ГІС-технологій.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РЕЄСТРАЦІЇ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

#### 1.1. Стисла характеристика предметної сфери та класифікація напрямків дослідження

Безпека на дорогах – одна з серйозних проблем міжнародного розвитку, що вимагає розроблення спільної стратегії та оптимальних заходів щодо гарантування безпеки дорожнього руху (БДР) [1]. Смертність і травматизм унаслідок ДТП є не тільки глобальною проблемою охорони здоров'я, а й чинником, що негативно впливає на соціально-економічний прогрес і виконання країнами поставлених цілей розвитку.

За останні три роки в Україні зареєстровано 471 422 ДТП з постраждалими, у яких загинуло майже 10,2 тис. і травмовано понад 99 тис. осіб.

Згідно зі статистикою аварійності за 12 місяців 2018 року, яку оприлюднило Управління безпеки дорожнього руху Національної поліції України (рис. 1.1, [2]), загалом за означений період у країні відбулося 150 120 аварій, що на 7,63 % менше, ніж у попередньому році. У середньому за добу по всій країні траплялося по 67 аварій з постраждалими, у яких гинуло 9 осіб і було травмовано 85 осіб.

Регіон	Усього ДТП			ДТП з постраждалими								
				усього			загинуло			травмовано		
	м.п.	п.п.	%	м.п.	п.п.	%	м.п.	п.п.	%	м.п.	п.п.	%
АР Крим	0	0		0	0		0	0		0	0	
Вінницька	3223	3002	-6,9	928	651	-29,8	145	133	-8,3	1167	865	-25,9
Волинська	3132	2695	-14,0	798	716	-10,3	111	110	-0,9	1057	884	-16,4
Дніпропетровська	11203	10357	-7,6	2198	2008	-8,6	192	220	14,6	2791	2588	-7,3
Донецька	3534	3399	-3,8	951	878	-7,7	90	117	30,0	1220	1148	-5,9
Житомирська	4158	3738	-10,1	1153	924	-19,9	197	165	-16,2	1437	1156	-19,6
Закарпатська	2874	2819	-1,9	633	606	-4,3	84	126	50,0	812	761	-6,3
Запорізька	5923	5497	-7,2	1210	1159	-4,2	138	138	0,0	1620	1554	-4,1
Івано-Франківська	2935	2945	0,3	768	735	-4,3	122	127	4,1	1008	960	-4,8
Київська	11530	11474	-0,5	1601	1655	3,4	305	258	-15,4	1995	2207	10,6
Київ	42639	38073	-10,7	2556	2179	-14,7	180	139	-22,8	2965	2524	-14,9
Кіровоградська	1612	1705	5,8	450	397	-11,8	53	58	9,4	512	491	-4,1
Луганська	839	818	-2,5	321	257	-19,9	29	23	-20,7	472	384	-18,6

Рис. 1.1. Дорожньо-транспортні пригоди в Україні за період з 01.01.2018 по 31.12.2018

Слід наголосити на серйозній проблемі виникнення ДТП на Дніпропетровщині (таблиця 1.1), зокрема у Кривому Розі, про наслідки якої свідчать цифри їх фіксації за 2016–2018 рр.

Таблиця 1.1

#### Стан аварійності в Дніпропетровській області (Кривому Розі)

Рік	Усього ДТП	ДТП з постраждалими	Загинуло	Травмовано
2016	1677	491	38	631
2017	1756	434	30	604
<b>2018</b>	<b>1596</b>	<b>449</b>	<b>42</b>	<b>673</b>

Вивчено та досліджено найбільш аварійні дні тижня, місяця, де було скоєно найбільшу кількість пригод м. Кривого Рогу. Небезпечними місцями є Дніпропетровське шосе, пр. 200-річчя Кривого Рогу, пр. Металургів, вул. Світлогірська, пр. Миру, вул. Криворіжсталі. Найбільш небезпечними днями тижня в Кривому Розі є п'ятниця, вівторок та субота. Аналізуючи кількість ДТП за часом скоєння, слід відмітити пік аварійності, що припадає на **17** годину (в цей час було скоєно 7,8 % від усіх ДТП), найбільша кількість дорожньо-транспортних пригод з постраждалими припадає на **18** годину (в цей час сталося 10,4 % від усіх ДТП з постраждалими).

Водночас ситуація щодо аварійності на дорогах не тільки м. Кривого Рогу, але й усієї України продовжується залишатись напруженою. Викладене свідчить про те, що складні ситуації під час дорожньо-транспортного руху вимагають нових підходів до швидкої реєстрації та дослідження місця пригоди [3].

На основі аналізу дорожньо-транспортних пригод як інформаційних об'єктів і подій, що мають складні причинно-наслідкові аспекти і властивості, розроблено низку питань (таблиця 1.2), які стосуються впровадження ідеї реєстрації ДТП. З-поміж учасників дорожньо-транспортного руху проведено анкетування.

Таблиця 1.2

### Анкета для учасників дорожнього руху

1	Чи маєте Ви автомобільний засіб пересування?	Так	Ні		Планую придбати	
2	Ви дотримуетесь правил дорожнього руху?	Так	Ні		Не завжди	
3	Чи були Ви коли-небудь учасником дорожньо-транспортної пригоди (ДТП)?	Так		Ні		
4	Чи були Ви свідком ДТП?	Так		Ні		
5	Як Ви вважаєте, які заходи можуть зменшити показник аварійності на дорогах нашого міста?	дотримуватися правил дорожнього руху	підвищити контроль за безпекою руху поліцейськими	збільшити покарання	використовувати безпілотні літальні апарати для стеження за порядком на дорогах	
6	Співробітникам поліції для оформлення ДТП потрібно:	30 хв.	1 год.	1,5 год.		
7	Чи вплине на оперативність оформлення та складання протоколу ДТП зміна назви Державної автомобільної інспекції в Україні на Управління превентивної діяльності Головного управління Національної поліції?	Так	Ні		Не знаю	
8	Чи підтримуєте Ви складання Європротоколу без участі поліцейських?	Так	Ні		Не знаю	
9	З якими із наведених методів реєстрації ДТП Ви ознайомлені?	використання металевої рулетки	метод наземного лазерного сканування	фотограмметричний метод	реєстрація безпілотним апаратом	
10	Чи вважаєте Ви методику використання рулетки під час реєстрації аварії у наш час сучасною та актуальною?	Так	Ні		Не знаю	
11	Чи були Ви свідком використання іншої технології реєстрації ДТП, окрім рулетки?	Так		Ні		
12	У якому масштабі, на Ваш погляд, будуть краще відображатися усі елементи ДТП, якщо:	в 1 см – 5 м	в 1 см – 10 м	в 1 см – 20 м	дрібніше	крупніше
13	Яка із наведених технологій реєстрації аварій може замінити наявний спосіб фіксації ДТП металевою рулеткою?	метод наземного лазерного сканування	фотограмметричний метод		реєстрація безпілотним апаратом	
14	Чи скоротиться час реєстрації ДТП, якщо використовувати безпілотні моделі?	Так	Ні		Не знаю	

Продовж. табл. 1.2

15	Як Ви вважаєте, чи можна з отриманих фотографій безпілотного літального апарата скласти схему точнішу, ніж із використанням рулетки?	Так	Ні	Не знаю
16	Чи можна усунути причину виникнення заторів під час реєстрації аварій за рахунок впровадження нової методики з використанням безпілотного літального апарата?	Так	Ні	Не знаю
17	Чи покращиться процес реєстрації пригод, якщо використовувати безпілотні апарати?	Так	Ні	Не знаю

У результаті анкетування досліджено статистичні показники та зроблено висновок, який показав, що:

1) 60 % респондентів не підтримує складання Європротоколу без участі поліцейських;

2) 2 % учасників опитування ознайомлені з технологією реєстрації ДТП безпілотним апаратом;

3) 85 % респондентів визнають, що час реєстрації ДТП скоротиться, якщо використовувати безпілотні апарати;

4) 87 % осіб, які взяли участь в анкетуванні, вважають, що з отриманих даних цифрового аерознімання можна скласти схему точніше, ніж з використанням рулетки.

Відомо, що ДТП визначається як подія, що сталася під час руху транспортних засобів, унаслідок якої загинули або зазнали поранень люди чи завдано матеріальних збитків [4].

Нижче наведено узагальнену схему процесу реєстрації ДТП без потерпілих та загиблих (рис 1.2), виокремлено основні етапи та функції учасників процесу.

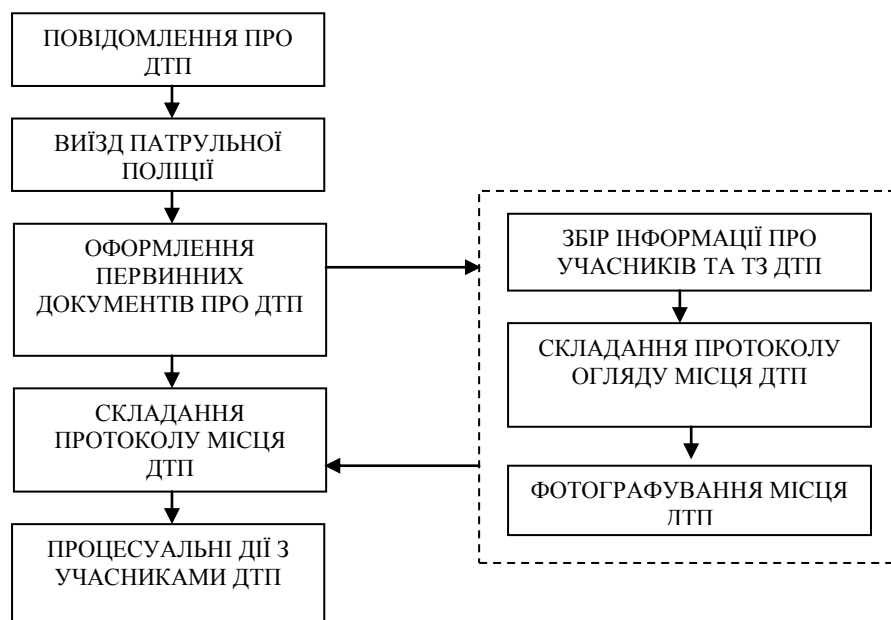


Рис. 1.2. Узагальнена схема процесу реєстрації та розгляду ДТП

Розрізняють такі види ДТП (рис. 1.3).

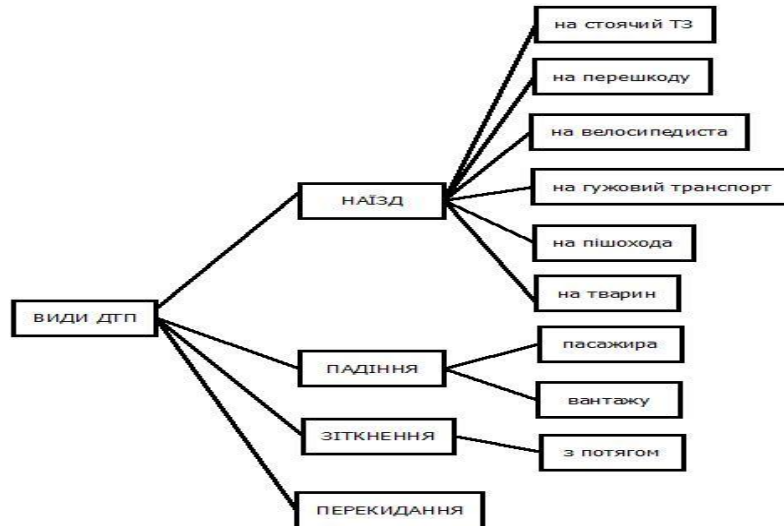


Рис. 1.3. Види дорожньо-транспортних пригод

ДТП може статися не тільки безпосередньо на дорозі, але і у дворі, у полі, у лісі. Однак констатація такої події припускає, як мінімум, три умови: у момент події ТЗ повинен рухатися, сама має бути пов'язана з цим ТЗ, а наслідки повинні являти собою загибель або поранення людей, ушкодження ТЗ, вантажу або споруди. Юридичним чинником, що підтверджує те, що трапилася ДТП, є його реєстрація органами Управління Патрульної поліції (УПП).

Узагальнені види ДТП та статистичні показники наслідку їх виникнення визначають зростання рівня тяжкості ДТП та їх соціально-економічний вплив на суспільство. Проблемам забезпечення БДР присвячена діяльність та розвідки вчених: Р. Байэтта, Г. Голубевої, О. Ланової, О. Салманової [5–8] та ін.

Науковим дослідженням, що стосуються реєстрації та картографування ДТП, присвячено роботи А. Александрова, А. Белятинського, З. Дереха, П. Степиної [9, 10, 1, 11] та ін.

Розглядаючи ДТП як інформаційний об'єкт і подію, що підлягає реєстрації та аналізу, виокремимо такі її причинно-наслідкові аспекти і властивості (рис. 1.4).

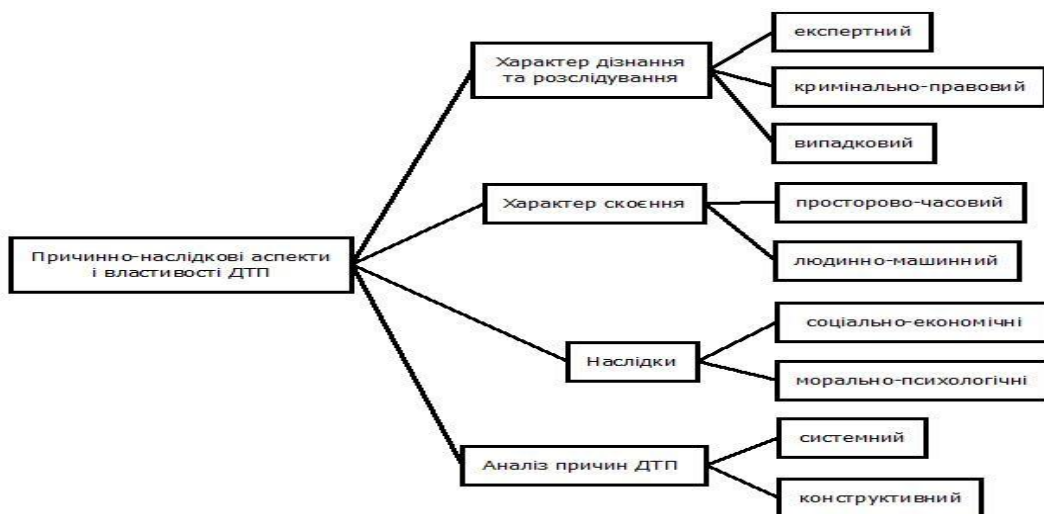


Рис. 1.4. Класифікація аспектів і властивостей ДТП

Суспільство має змінити своє ставлення до проблеми втрат від ДТП. Необхідно створити та реалізувати систему керування БДР, яка повинна мати вимірні цілі й завдання, що передбачає:

- незалежний фаховий аналіз причин ДТП, особливо супутніх, а не оперування протоколами, що складають інспектори;
- аналіз ефективності заходів, що зменшують ризики ДТП, аналіз втрат від ДТП;
- планування заходів на найближчий, середньостроковий та довгостроковий періоди, контроль за їх виконанням;
- відповідальність центральних, регіональних та місцевих органів керування за стан БДР, досягнення запланованих вимірних показників.

До основних принципів створення системи керування БДР відносять [12] такі:

- ДТП – явище, що підлягає раціональному аналізу і корегувальним діям;
- кожна ДТП має бути об'єктивно досліджена за участі всіх сторін;
- максимальна об'єктивність збору даних, їх аналізу, висновків і планування заходів може бути забезпечена участю державних органів, громадських організацій, наукових інститутів, преси;
- причинно-наслідковий зв'язок;
- попередження ДТП коштує дешевше і за нього варто платити більше;
- платити той, чиї дії спричиняють аварії;
- обов'язковою є система страхування ризиків ДТП, яка повністю забезпечить компенсацію збитків, у т. ч. і на громадських перевезеннях;
- для всіх – одні правила, одна відповідальність та рівний доступ до допомоги;
- розподіл відповідальності та повноважень у системі дорожньої безпеки повинен забезпечити ефективність заходів, об'єктивність аналізу і результатів;
- неконфліктність органів системи;
- мотивація учасників і всіх причетних до дорожнього руху.

Ці основні властивості визначають місце та взаємозв'язки ДТП з процесами їх реєстрації і аналізу в системі транспортної інформаційної інфраструктури та організації дорожнього руху як складника життєзабезпечення сучасних міст і суспільства загалом.

Структурно система реєстрації та аналізу ДТП включає ряд підсистем та взаємодій з іншими системами. Нормативну основу реєстрації та аналізу ДТП становить наказ № 1395 від 07.11.2015 р. Міністерства внутрішніх справ України [13].

Розгорнуту схему дій учасників ДТП та працівників поліції при реєстрації ДТП представлено на рис. 1.5.

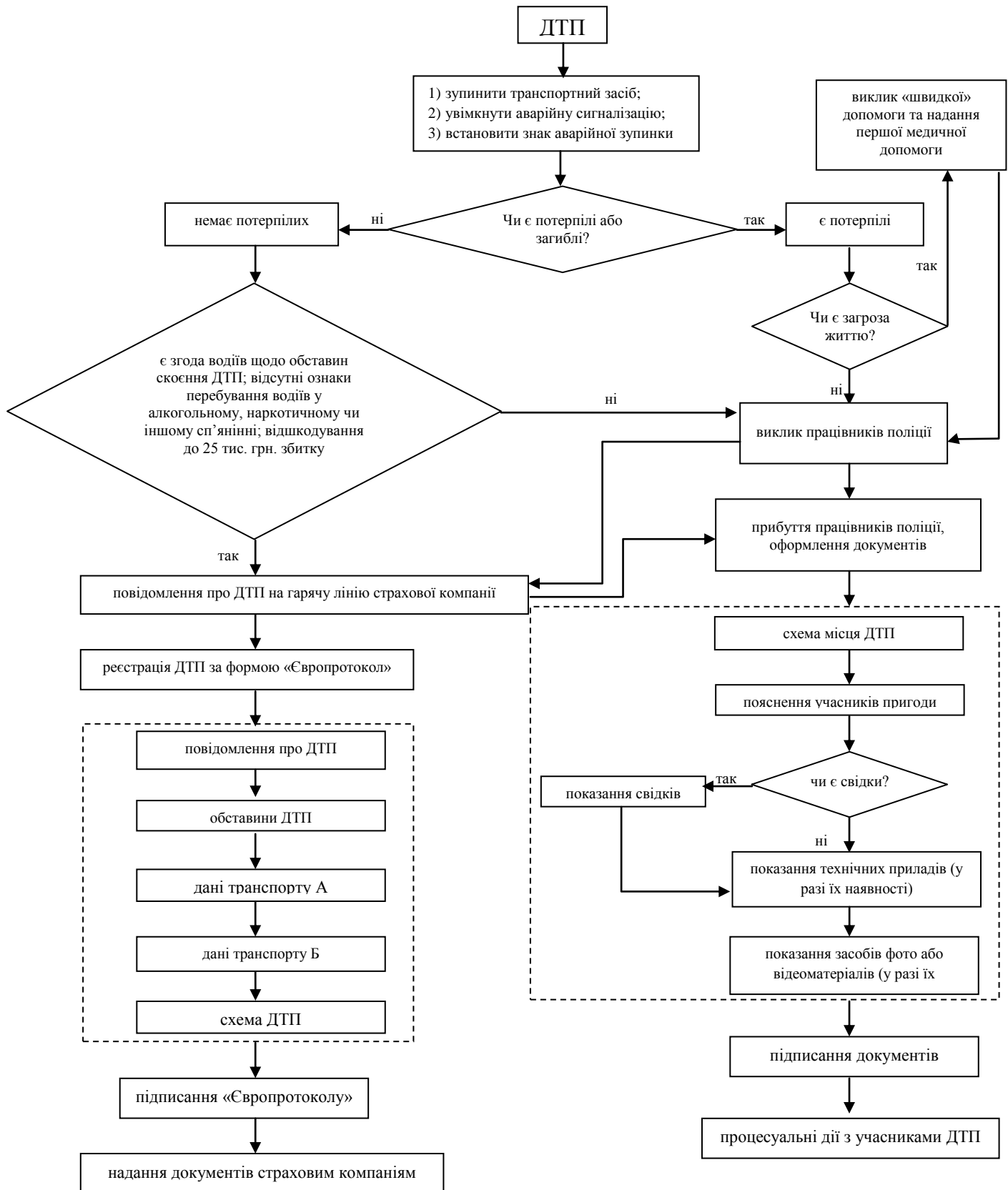


Рис. 1.5. Розгорнута схема дій учасників ДТП та працівників поліції при реєстрації ДТП

Основним документом, який фіксує багатofакторність причин ДТП є протокол про адміністративне правопорушення. В узагальненій схемі процесу реєстрації ДТП виокремлено їх послідовність, функції учасників процесу та розроблено документи, до яких належать:

1) схема місця ДТП (додаток Г), яку підписують учасники ДТП та поліцейський;

2) пояснення учасників пригоди та свідків (у разі їх наявності);

3) показання технічних приладів (у разі їх наявності);

4) показання засобів фото та/або відеоспостереження (у разі їх наявності);

5) інші матеріали, які необхідні для прийняття рішення у справі.

Варто підкреслити експертний характер реєстрації ДТП та важливість системного і географічного підходу в цьому процесі. Останній полягає в тому, що ДТП як подія повинна вивчатися територіально, конкретно, комплексно і глобально з використанням притаманної для географічного підходу картографічної мови реєстрації місця та дорожньої ситуації скоєння ДТП. Комплексність і глобальність визначаються всебічністю аналізу причин, що призводить до скоєння ДТП, та розробкою заходів з удосконалення всієї системи організації дорожньо-транспортного руху (ДТР).

З метою удосконалення процесу реєстрації ДТП автором була запропонована нова технологія реєстрації ДТП за допомогою мобільних безпілотних апаратів [14], експериментальні випробування якої досліджено на базі Управління Патрульної поліції м. Кривого Рогу. Результати опрацьовано на розробленій моделі за участю автора веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП».

Запропонована технологія сприятиме автоматизації процесу реєстрації ДТП та дозволить розв'язати низку питань, які стосуються використання новітньої технології оформлення протоколу та порядку складання схеми місця ДТП із використанням безпілотних літальних систем (БЛС).

## **1.2. Аналіз стану і тенденцій розвитку геоінформаційних технологій реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод**

### **1.2.1. Складання схеми місця дорожньо-транспортної пригоди за допомогою рулетки**

Під час розслідування ДТП важливе процесуальне значення мають схеми місця події. Як правило, такі схеми являють собою виконані від руки малюнки на аркуші паперу, на якому графічно зображуються та реєструються об'єкти [13], (рис. 1.6, 1.7). В обов'язковому порядку на схемі місця ДТП заповнюється таблиця дорожніх умов та зазначаються назви об'єктів, зображених на схемі.

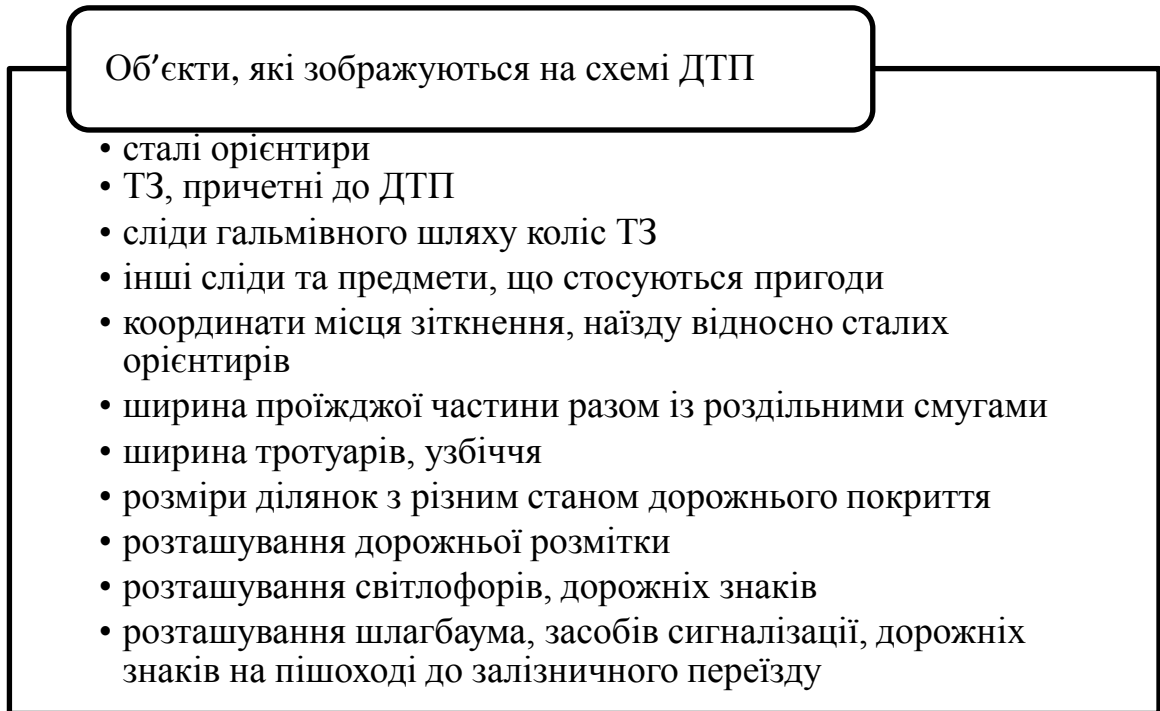


Рис. 1.6. Об'єкти, які зображуються на схемі ДТП

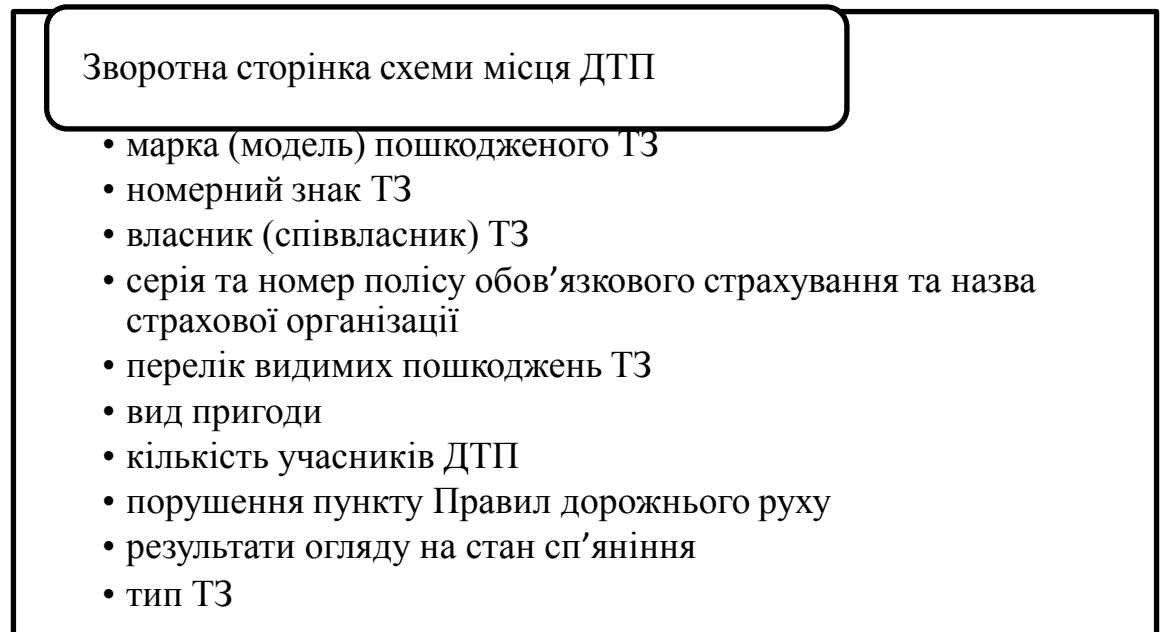


Рис. 1.7. Перелік інформації зворотної сторінки схеми місця ДТП

Зазначена інформація підтверджується підписами водіїв ТЗ. При складанні схеми місця ДТП рекомендується: застосовувати спеціальне креслярське приладдя (лінійки, лекала); користуватися загальноприйнятими графічними зображеннями об'єктів та умовними позначками; не порушувати масштабу зображення; деталізувати ту чи ту ділянку схеми пригоди; використовувати винесення фрагментів за схему. Розміри на схемах проставляються, виходячи із замірів, виконаних звичайною металевою рулеткою.

Аналіз значної кількості документів з місця ДТП показав, що поліцейські вимог щодо оформлення місця скоєння аварії повністю не дотримуються.

Якщо внаслідок ДТП немає потерпілих та не завдано матеріальної шкоди третім особам, а транспортні засоби можуть безпечно рухатись, водії (за наявності взаємної згоди в оцінці обставин скоєного) можуть скласти самостійно Європротокол (додаток Д), підписаний обома сторонами, та надати його до страхових компаній, у яких були застраховані ТЗ.

### 1.2.2. Технологія виконання стереофотограмметричного знімання при реєстрації дорожньо-транспортної пригоди

Під час розслідування ДТП із тяжкими наслідками, тобто таких, де люди отримали важкі тілесні пошкодження або загинули чи завдано значних матеріальних збитків, необхідно складати схеми з більш точною реєстрацією обставин на місцях пригоди. Одним із таких способів є спосіб стереофотограмметричного фотознімання для реєстрації місця пригоди, де є нагромадження великої кількості предметів. Як правило, це випадки зіткнення. Загалом у таких випадках слід використовувати інструментальні методи, до яких належать методи вимірювальної фотографії – моно- і стереофотограмметрія [15].

У 1988 році співробітники Державтоінспекції МВС України застосовували стереофотограмметричний спосіб для складання планів ДТП. Стереофотокамера SMK-5 (0808) 120 фірми «Карл-Цейс-Ена» з базисом фотографування 1200 мм встановлювалась на автомобіль РАФ-2203 і через отвір у даху автомобіля піднімалась на висоту, необхідну для зйомки (рис. 1.8, [1]).



Рис. 1.8. Загальний вигляд спеціального автомобіля «Дорожньо-транспортна подія»

Для службових записів (часу, адреси місця пригоди, підписів понятих) у камеру вмонтовані матові пластинки, зображення яких проектується на знімки. Горизонтування камери здійснювалось за допомогою круглого рівня, встановленого на стійці камери. Для знімання застосовувались ізоортохроматичні пластинки розміром 10×15 см, світлочутливістю 65, 90 і 130 од. Для прискорення

робіт з проявлення і реєстрації фотоматеріалів використовувалась глибока кювета, в яку занурювалось до 24-х фотопластинок, закладених у спеціальний пластмасовий тримач. В екстрених випадках застосовувалась сушка у спеціальних шафах.

Отримані стереопари оброблялись на універсальному оптико-механічному приладі «Технокарт». Залежно від характеру пригоди, напрямків руху транспортних засобів і пішоходів використовувались такі види знімачь:

- з одного базису фотографування;
- методом продовжень (якщо протяжність ділянки зйомки більша за 35м);
- з протилежних боків місця пригоди (в разі обмеження видимості великогабаритними предметами чи транспортними засобами).

Разом з тим, у порівнянні з традиційними способами метод складання схем ДТП за допомогою стереофотограмметричного знімання має і такі суттєві недоліки:

- на місці пригоди не можна проконтролювати якість фотопластинок, що іноді призводить до необхідності повторного знімання;
- наявність «мертвих» зон, які створюють транспортні засоби.

Для усунення вказаних недоліків автор [1] рекомендує користуватися електронними комплексами, які складаються із знімального пристрою, технічних засобів для побудови плану місцевості та спеціалізованого програмного забезпечення. Знімальний пристрій являє собою стереофотосканер і персональний комп'ютер типу «Notebook», що забезпечує введення зображення на жорсткий диск чи інший записуючий пристрій, контроль за якістю зображення, що вводиться, запис службових даних, побудову плану місця пригоди, об'єднання окремих планів у загальний (у випадку багаторакурсного знімання), роздрук на принтері схеми місця ДТП.

Відсутність нормативного забезпечення методів картографічного моделювання транспортних засобів та ДТП ускладнює процес розроблення єдиного системного підходу до аналізу та прийняття управлінського рішення органами, відповідальними за забезпечення безпеки дорожнього руху.

### **1.2.3. Однокамерне стереофотограмметричне знімання**

На основі розвитку фото-, відеоапаратури та методів комп'ютерного оброблення зображень для правоохоронних органів на базі цифрових фотокамер було розроблено спеціалізовану знімальну систему, що являє собою ФОМП-К—універсальний однокамерний фотограмметричний (монофотограмметричний) комплекс [16]. Для реєстрації місця події за допомогою цифрового вимірювального знімання використовують два способи: стереофотографічне знімання та фотознімання однією камерою [17]. У кожного методу є свої переваги й недоліки. Перший метод має перевагу у тому, що знімання місцевості можна проводити з однієї точки без виконання робіт на ній, але точність відповідно невисока й тому виникає необхідність дотримувати вимог паралельності оптичних осей об'єктивів двох камер (рис. 1.9). Другий метод

виконується з двох точок за допомогою однієї камери, мірного об'єкта та марок (рис. 1.10). Мірним об'єктом може бути трикутник, виготовлений самостійно.

Можна припустити, що другий спосіб є більш ефективним з точки зору використання. Розглянемо докладніше технологію фотознімання однією камерою. Однокамерний спосіб фотограмметричного знімання дозволяє здійснювати по фотознімках вимірювання об'єктів і слідів, розташованих від фотокамери на відстані від 0,1 до 50 метрів і більше з відносною похибкою вимірювань від 1 до 3 %.

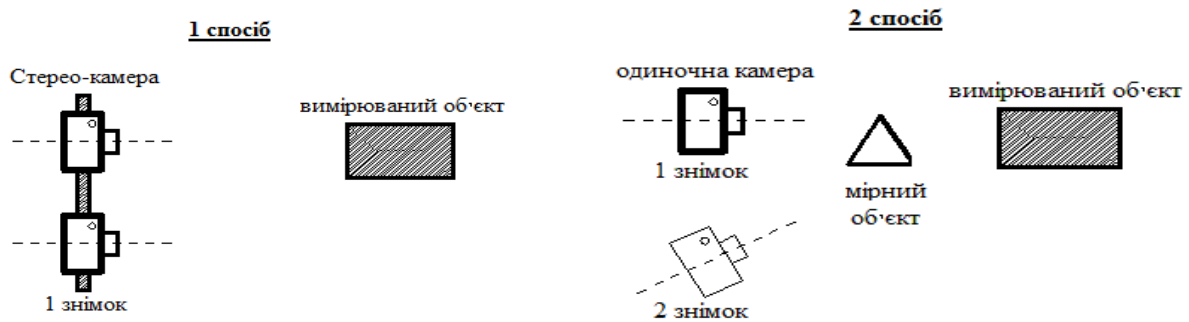


Рис. 1.9. Стереознімання      Рис. 1.10. Фотознімання однією камерою

Система реєстрації пригоди складається з двох функціональних блоків: знімального і вимірювального. Знімальний блок, своєю чергою складається зі знімального пристрою, мірного об'єкта у вигляді рівностороннього трикутника та марок для позначення характерних точок на місцевості.

Блок призначений для отримання стереопар, які будуть використовувати у вимірювальному блоці. Як знімальний пристрій застосовується цифрова відеокамера з роздільною здатністю не менше 10 МП.

Мірні об'єкти являють собою три опорні точки у вигляді куль, закріплених на конструкції у формі рівностороннього трикутника, які забезпечують точне значення між собою координат цих точок на місцевості (рис. 1.11, 1.12).

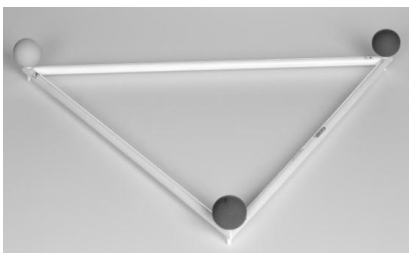


Рис. 1.11. Об'єкт зі стороною 0,5 м

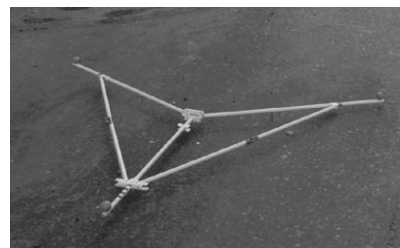


Рис. 1.12. Об'єкт зі стороною 1,7 м

Марки можуть бути виконані у вигляді конусів або прямокутних куточків (рис. 1.13) і служать для позначення найбільш важливих або погано помітних ситуаційних точок, наприклад, початку гальмівного сліду, краю дороги тощо. Вимірювальний блок включає в себе персональний комп'ютер і спеціальне програмне забезпечення. Вимірювання здійснюється за знімками, виведеними на екран монітора комп'ютера. У блоці також здійснюється побудова схеми розташування ситуаційних точок, за якими викреслюється сама схема з усіма розрахунками і необхідними розмірами на плані.



Рис. 1.13. Марка для позначення ситуаційних точок

У загальному вигляді робота системи виконується у три етапи: знімання, фотограмметричне оброблення знімків і складання схеми. Знімання місця пригоди виконують не менше ніж з двох точок, які розташовані на певній відстані одна від одної, використовуючи мірний об'єкт, який забезпечує визначення локальної системи координат і масштаб знімання. В кінцевому результаті отримують стереопару, тобто два знімки одних і тих самих об'єктів, які виконані з різних точок простору (рис. 1.14).

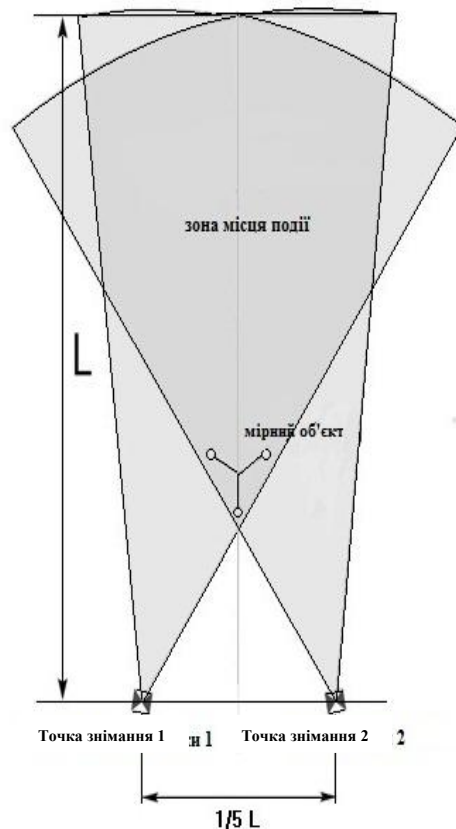


Рис. 1.14. Схема вимірювального знімання у загальному вигляді

Потім на комп'ютері виконують оброблення знімків, помічаючи опорні точки мірного об'єкта, при цьому програма визначає елементи орієнтовних знімків у тримірній прямокутній системі координат, далі послідовно позначають необхідні ситуаційні точки, визначаючи положення об'єктів на місцевості пригоди. Після того як указують точку на першому і другому знімках стереопари, програма автоматично визначає координати цієї точки на місцевості і відмічає положення на плані. На вибраному знімку після вказаних будь-яких двох ситуаційних точок здійснюється постановка автоматично обчислюваного розміру.

Схему виконують автоматично виконаній розмітці ситуаційних точок на полі плану за допомогою інструментів графічного інтерфейсу і бази даних, що

містять умовні зображення транспортних засобів, дорожніх знаків та інших об'єктів.

#### **1.2.4. Наземне лазерне сканування**

Аналіз літературних джерел [18] дозволив установити, що метод використання рулетки під час реєстрації дорожньо-транспортних пригод можливий, але застарілий, метод фотознімання більш ефективний, але науково-технічний прогрес не стоїть на місці. Запроваджено революційну технологію реєстрації дорожньо-транспортних пригод – метод наземного лазерного сканування [19]. Означена технологія дає змогу отримати тримірну комп'ютерну модель будь-якого об'єкта: чи то авто, чи дороги, чи будь-якого малодоступного об'єкта, непотрібно зупиняти рух транспорту, виконувати виміри навіть за відсутності освітлення. Даний прилад дозволяє за лічені хвилини зареєструвати обстановку при скоєнні дорожньо-транспортної пригоди, зібрати дані стосовно неї, а також відобразити прилеглу до ДТП територію [20].

Модель ДТП створює лазерний сканер [21] – прилад, оснащений високошвидкісним безвідображувальним лазерним дальноміром і системою зміни напрямку променя лазера – спеціальне поворотне дзеркало [22]. Лазерний сканер виконує наведену технологію вимірів. Результатом його роботи є велика кількість хмар точок з обчисленими тримірними координатами.

Сутність технології наземного лазерного сканування реалізується безпосередньо виміром відстані до всіх визначених точок за допомогою лазерного безвідображувального дальноміра. У більшості конструкцій сканерів використовують імпульсний лазерний дальномір. На шляху до об'єкта імпульси лазерного випромінювання проходять через систему дзеркал, які здійснюють пошагове відхилення лазерного променя.

Пошкодження та обстановка місця пригоди швидко реєструється у цифровому вигляді, а оброблення й оформлення відбувається в умовах офісу. Результати створеної моделі передаються в програми САПР через формати *dxf*, *dwg*, *txt* та власний формат *coe* (*Cloudworx Object Exchange*). В подальшому дані не зможуть бути відредаговані або змінені. Після збору й оброблення даних отримують закінчену тримірну картину з місця пригоди, місцевості ДТП.

Завдяки своїй універсальності й високому ступеню автоматизації процесів вимірювання лазерний сканер є не просто геодезичним приладом, він може стати інструментом реєстрації та аналізу ДТП. Разом з тим, слід також відзначити, що застосування методу лазерного сканування є дуже коштовним та трудомістким, відтак використовувати запропонований прилад під час реєстрації ДТП не є рентабельно для співробітників Національної поліції України.

#### **1.2.5. Технологія створення 3D - моделей дорожньо-транспортних пригод науковцями Analist Group**

Дослідження наявних вищенаведених технологій картографування ДТП дозволило сформулювати їх недоліки (рис. 1.15).



Рис. 1.15. Недоліки технологій картографування ДТП

Вітчизняні науковці раніше не розглядали можливості вдосконалити процес реєстрації ДТП, використовуючи безпілотні апарати, проте закордонні вчені Analyst Group вже почали тестувати метод реконструкції і вимірювання аварій [23].

Уся операція полягає в тому, що на місці аварії необхідно виконати одне вимірювання на землі, після чого здійснити послідовне аерознімання за допомогою БПЛА.

Послідовні знімки, отримані в результаті аерознімання, подаються в автоматичне фотограмметричне програмне забезпечення Pix4D для побудови ортомозаїчної і тривимірної моделі досліджуваної області ділянки ДТП (рис. 1.16).



Рис. 1.16. 3D - модель, отримана за допомогою Pix4Dmapper

Проект, побудований в Pix4D, потім переноситься в Analyst CLOUD, який автоматично будує найбільш точну масштабовану модель з виведеним виміром, який отримано з Leica. На цьому етапі можна продовжити усі вимірювання, просто натискаючи кнопку маніпулятора від точки до точки (рис. 1.17).



Рис. 1.17. Проект в аналітиці

Вставка виміру, проведеного на землі біля місця дорожньо-транспортної пригоди, має дуже важливе значення для того, щоб відмасштабувати проект. При натисканні від точки до точки і вставці відстані весь проект масштабується, що дозволяє отримати будь-яку відстань (рис. 1.18).



Рис. 1.18. Процес вставки виміру

Комплексне рішення із безпілотним літальним апаратом для розслідування та реконструкції дорожньо-транспортних пригод включає в себе DJI Phantom 3 або 4, PiX4Dmapper + Analyst 2016 CLOUD. Результатом є тривимірна модель та анімація з OneRay-RT, які створено на персональному комп'ютері в умовах офісу.

Чинними актами України, що регламентують порядок оформлення матеріалів ДТП передбачено складання безпосередньо на місці пригоди лише схеми ДТП, а не тривимірної моделі та анімації.

### **1.3. Порівняння сучасних комп'ютерних програм опрацювання даних лазерного сканування для створення тривимірних моделей**

Із лазерним скануванням не може зрівнятися жоден із раніше застосованих методів. Він відрізняється неймовірною швидкістю роботи, більш високою точністю вимірювання та безпечністю під час знімання важкодоступних і небезпечних об'єктів. Ще однією перевагою цього методу є те, що, перебуваючи на відстані від об'єкта, дистанційне знімання дозволяє збирати інформацію про досліджуваний об'єкт, при цьому отримувати дані у вигляді координат точок поверхні, що значно розширює можливості подальшого комп'ютерного опрацювання результатів. Для опрацювання результатів наземного лазерного сканування існує велика кількість програмних комплексів, які необхідно дослідити і проаналізувати.

Слід зазначити, що пошкодження автомобілів та обстановка місця пригоди швидко реєструється у цифровому вигляді, а опрацювання й оформлення відбувається в умовах офісу. Результати створеної моделі передаються в програми САПР через формати dxf, dwg, txt та власний формат сое (Cloudworkx Object Exchange). В подальшому дані не зможуть бути відредаговані або змінені. Після збору й оброблення даних отримують закінчену тривимірну картину з місця пригоди, місцевості ДТП.

Для дослідження вибрано декілька програмних комплексів, які на даний момент є актуальними: Cyclone, Trimble RealWorks Survey, ScanIMAGER, LFM [24, 25].

Trimble RealWorks Survey – програмне забезпечення для візуалізації та опрацювання даних наземного лазерного сканування. Програма надає інженерам і геодезістам універсальний набір засобів та можливостей для роботи з тривимірними просторовими даними [26].

До основних характеристик програми відносять: зіставлення фактичних даних із проектними, складання профілів і розрізів; вписування двовимірних і тривимірних примітивів у хмари точок; прості і швидкі розрахунки для підвищення продуктивності будівельних та гірничих робіт; зшивку сканів за характерними точками хмар, за марками із використанням геоприв'язки; перевірку і контроль якості в польових умовах.

Програмне забезпечення Trimble RealWorks Survey доступне у двох користувальницьких версіях:

1) версія Standard дає користувачу можливість візуалізації, друку і часткового редагування двовимірних і тривимірних даних, складання необхідної звітної документації;

2) версія Advanced – користувач отримує доступ до всіх інструментів і функцій RealWorks Survey.

З одного боку, програма RealWorks Survey дозволяє оперувати великими обсягами даних, з іншого боку, надає користувачеві простий та інтуїтивно зрозумілий покроковий механізм роботи для кожного інструмента. Результат роботи програми – повноцінна двовимірна і тривимірна звітна документація

реєстрації дороги, яку можна вивести на друк або експортувати в програмні пакети САПР, наприклад, AutoCAD і MicroStation [27].

Cyclone – найбільш універсальна програма для опрацювання хмар точок і керування сканером [28]. Cyclone складається з окремих модулів, які вбудовані в єдину програмну оболонку. Різні модулі призначені для розв'язання окремих завдань загального процесу опрацювання даних тривимірного лазерного сканування, які можуть бути використані у реєстрації дорожньо-транспортних пригод.

Cyclone-Scan – це модуль для управління роботою сканера. Користувач може налаштувати щільність сканування, фільтрацію даних, створювати власні макрокоманди. Cyclone-Register має всі функції для швидкого і точного зрівнювання хмар точок, зроблених із різних пунктів знімання. Модуль автоматично розпізнає стандартні візирні марки, пов'язує скани з характерними сполучними точками без візирних марок. Cyclone-Model – найпотужніша в галузі опрацювання тривимірних лазерних вимірювань, найбільш повна й автоматизована програма, що складається з засобів вимірювання, моделювання геометричних об'єктів для інженерних вишукувань, геодезії, будівництва, в тому числі і для картографування ДТП. Модуль дає можливість обробляти хмари точок, перетворюючи їх на об'єкти для експорту та імпорту в програми САПР [29]. Cyclone-Survey – спрощена система опрацювання хмар точок, призначена для топографічних завдань. Cyclone-CloudWork – програма, що дозволяє отримувати величезні переваги під час опрацювання 3D-хмар точок у поширеному середовищі САПР.

Програмний продукт ScanIMAGER розроблений НВП «Фотограмметрія» [30] і орієнтований, у першу чергу, на завдання, що пов'язані з виконанням архітектурних обмірів та мостів. Програмний комплекс представлено у різних рівнях: Viewer, Lite, Standard, Standard Plus, Professional. Рівень ScanIMAGER Standard є самостійним програмним продуктом базової комплектації, який включає в себе модуль Converter. Дана версія комплектується модулем Ortho, який містить у собі весь необхідний інструмент для опрацювання аерознімків. Рівень ScanIMAGER Standard Plus є самостійним програмним продуктом і має весь функціонал рівня ScanIMAGER Standard, але додатково до модулів Converter і Ortho додається ще й модуль Register, який дозволяє автоматизувати процес реєстрації сканів. Рівень ScanIMAGER Professional поставляється у складі технології, що дає можливість поєднання методів тривимірного лазерного сканування і цифрового фотограмметричного знімання. Ця технологія дозволяє отримувати кольорові ортофотоплани найвищої дозвільної здатності, практично, до масштабів 1:1, а також розфарбовувати хмари точок за набором цифрових фотознімків. Рівень ScanIMAGER Lite не є самостійним продуктом, він поставляється замовнику разом із даними тривимірного лазерного сканування. Програмний продукт містить у собі необхідний функціонал для опрацювання даних сканування й отримання обмірної документації. Рівень ScanIMAGER Viewer також не є самостійним програмним продуктом, він поширюється вільно, призначений для демонстрації результатів тривимірного лазерного сканування. Функції рівнів показано в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

## Функції рівнів програмного комплексу ScanIMAGER

Функції	Viewer	Lite	Standard	Standard Plus	Professional
Візуалізація точок тривимірного сканування	+	+	+	+	+
Отримання розмірів, перерізів, розрізів	+	+	+	+	+
Реєстрація за загальними точками, довільний поворот сканів	-	+	+	+	+
Створення ортофотопланів, фільтрація, корекція	-	+	+	+	+
Псевдорозфарбовування ортофотопланів	-	+	+	+	+
Експорт даних в обмінні формати	-	+	+	+	+
Конвертація каталогу точок у внутрішній формат (SPF)	-	-	+	+	+
Побудова розгортки криволінійних об'єктів	-	-	+	+	+
Обчислення площ	-	-	+	+	+
Обчислення обсягів	-	-	+	+	+
Сегментація ортофотопланів	-	-	+	+	+
Автореєстрація	-	-	-	+	+
Розфарбовування хмар точок та ортофотопланів за набором знімків	-	-	-	-	+

Програмне забезпечення LFM складається із таких частин:

1) LFM Register – унікальний і дуже потужний програмний пакет, за допомогою якого скани з різних точок стояння швидко й ефективно зшиваються в єдину систему координат [31];

2) LFM Server – найбільш просунута система для сумісного доступу і роботи з раніше зареєстрованими даними лазерного сканування.

Технологія Infinite Core може зберігати необмежену кількість сканів, зручно переглядати звіти за допомогою спеціального відображення LFM Register, експортувати дані в САПР Autodesk, AVEVA, Bentley.

Технологія LFM Modeller дозволяє складати 3D-моделі відзнятих об'єктів із досконалим співвідношенням швидкість/якість. До основних можливостей цієї технології відносять такі: інтуїтивно зрозумілий інтерфейс; швидке складання САПР-моделі фактичного стану об'єкта; розширені функції оброблення й редагування елементів; потужний математичний апарат моделювання; функції попереднього обчислення елементів; весь функціонал програмного забезпечення LFM Register, конструкцій, вимірювання ліній і діаметрів; швидке складання й експорт фактичної або проектної ключових точок; інтелектуальний експорт моделей і CADWORX; вибір моделі.

Технологія LFM View дозволяє кінцевому користувачу отримувати безкоштовний доступ до великої бази даних, які мають необмежену кількість сканів.

Приклад результату лазерного сканування дороги, в зону якої потрапляє й ситуаційне середовище, показано на рис. 1.19 [32].



Рис. 1.19. Результати лазерного сканування дороги

Програмне забезпечення відіграє важливу роль у швидкому й ефективному опрацюванні «хмар точок», отриманих у результаті знімів високої дозвільної здатності.

ScanIMAGER орієнтований більше на пам'ятки архітектури; LFM дозволяє створювати цифрову модель, структурні елементи механізмів; Cyclone може будувати як площини, так і поверхні. Можемо запропонувати використання програмного забезпечення Trimble RealWorks Survey у розслідуванні кримінальних та адміністративних правопорушень, реєстрації дорожньо-транспортних пригод, оскільки програма є простою у використанні, відповідає необхідній точності та усім вимогам при картографуванні аварій [33, 34].

На рис. 1.20 представлено кошторисну вартість розглянутих комп'ютерних комплексів.

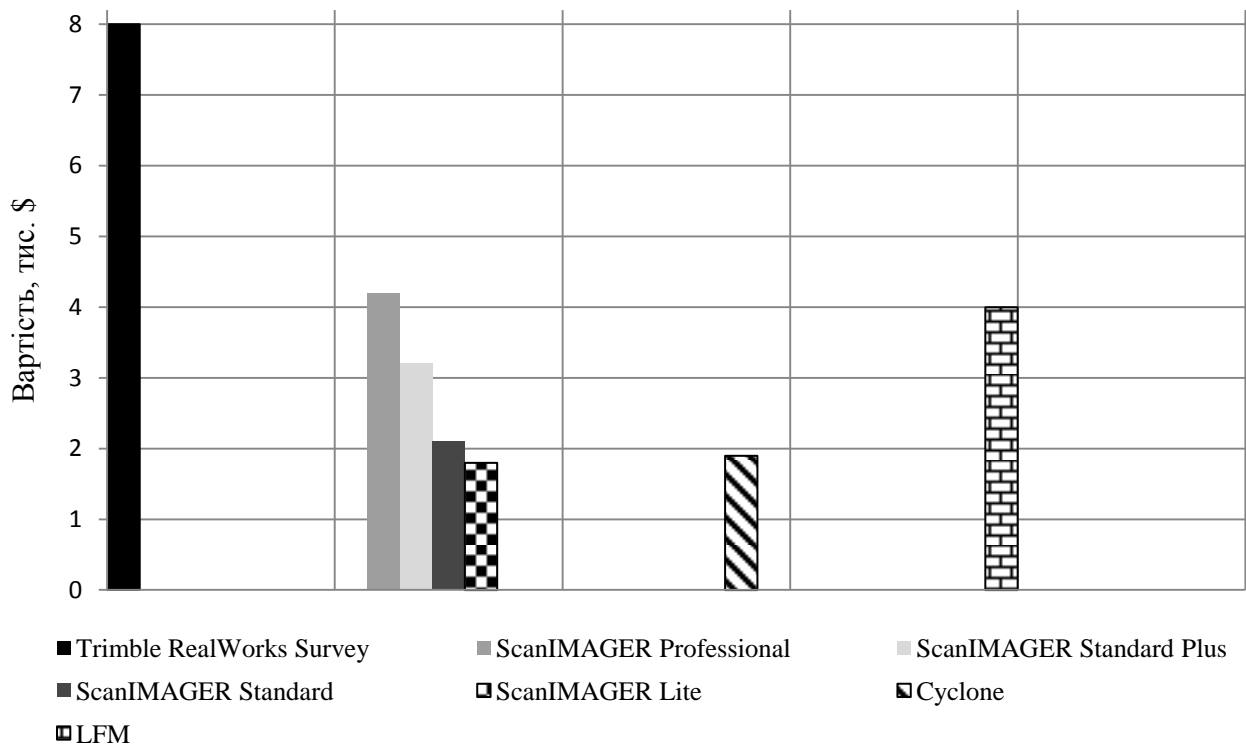


Рис. 1.20. Вартість програмного забезпечення

з аналізу вартості та функцій запропонованих програмних пакетів

рекомендується застосування програмного забезпечення – Cyclone, який на сьогодні є найбільш актуальним варіантом для розв’язання поставлених завдань. Однак ураховуючи те, що співробітники Національної поліції України не є інженерами-геодезистами, використання таких професійних програм органами державної автомобільної інспекції не є раціональним у даній ситуації.

#### **1.4. Вибір масштабу при картографуванні дорожньо-транспортної пригоди наявними технологіями**

Основна інформація про механізм дорожньо-транспортної пригоди може бути отримана у результаті огляду місця пригоди (ОМП). У місті з інтенсивним рухом транспортних засобів (ТЗ) для реєстрації обставини місця ДТП поряд з геодезичними методами застосовують фотограмметричні, які зазначено у пунктах 1.2.2, 1.2.3. Це дає можливість забезпечити якість збору інформації про місце розташування автомобілів та їх слідів на проїзній частині; скоротити час реєстрації пригоди, що в умовах інтенсивного руху дозволяє зберегти усі сліди, речові докази та відновити нормальні умови для руху; скласти план ДТП у масштабі, що дозволяє візуально уявити механізм руху транспортних засобів до пригоди. При обґрунтуванні вибору масштабу картографічних матеріалів доцільним є розгляд критерію, який дозволяє отримати його кількісну оцінку.

Масштаб картографування ДТП обирається залежно від точності визначення параметрів руху ТЗ, які беруть у ньому участь. Головною проблемою судової автотехнічної експертизи є питання про можливість водія запобігти скоєнню аварії, тобто встановити, чи мав водій час шляхом уживання своєчасних заходів (гальмування, маневр) уникнути аварійних наслідків.

Час як функцію швидкості руху і пройденого шляху можна визначити за формулою:

$$t = \frac{L}{v}, \quad (1.1)$$

де  $L$  – відстань,  $v$  – швидкість руху транспортного засобу.

У довідковій літературі [35] з автотехнічної експертизи параметр «час» наводиться з точністю до 0,01 с, тому для точності визначення  $S$  по планам ДТП виходять із цієї вимоги.

При проведенні автотехнічної експертизи значення  $L$  визначають за показаннями водія, очевидців чи експертів. Встановити швидкість руху в період виникнення небезпеки за відсутності приладів типу спідграф доволі важко, оскільки увага водія в цей момент сконцентрована на навколишній обстановці. Одним із способів визначення навчальної швидкості є її розрахунок за гальмівним шляхом. Формула визначення довжини гальмівного шляху при заданій швидкості до повної зупинки має вигляд [36]:

$$S = \frac{K_3 V^2}{254 \mu}, \quad (1.2)$$

де  $K_3$  – гальмівний коефіцієнт (для легкового автомобіля він дорівнює 1, для вантажного автомобіля – 1,2);  $V$  – швидкість руху транспортного засобу, км/год;  $\mu$  – коефіцієнт зчеплення дороги (табл. 1.4).

### Параметри коефіцієнта зчеплення

Тип покриття дороги	Коефіцієнт зчеплення, $\mu$
Суха асфальтована дорога з рівною траєкторією руху (с. д.)	0,7
Мокра дорога (м. п.)	0,4
Дорога, покрита вкатаним снігом (п. в. с.)	0,2
Обмерзла дорога (о. д.)	0,1

Коефіцієнт зчеплення залежить від конструкції шин та внутрішнього тиску, навантаження та інших умов роботи (швидкості, прискорення, поворотів).

Дорожній малюнок протектора забезпечує найбільший коефіцієнт зчеплення на дорогах з твердим покриттям, універсальний – на дорогах змішаного типу, а малюнок протектора підвищеної прохідності – у важких шляхових умовах та по бездоріжжю. У міру зношування малюнка протектора значення коефіцієнта зчеплення зменшується. При збільшенні внутрішнього тиску повітря у шині коефіцієнт зчеплення зростає, а потім зменшується. При збільшенні швидкості руху автомобільного транспорту коефіцієнт зчеплення спочатку збільшується, а потім зменшується. Збільшення вертикального навантаження на колесо призводить до значного зменшення коефіцієнта зчеплення [37].

Коефіцієнт зчеплення дуже впливає на безпеку дорожнього руху. Його недостатньо високе значення викликає численні аварії та нещасні випадки на дорогах. Як показали дослідження [38], з цієї причини відбувається 15% загального числа дорожньо-транспортних пригод, а в несприятливі періоди року – близько 70%. Для забезпечення безпечного руху значення зчеплення повинно становити не менше 0,4.

Скорочена формула визначення довжини гальмівного шляху має вигляд:

$$S = \frac{v^2}{2\mu g}, \quad (1.3)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт зчеплення;  $g$  – прискорення (9,8 м/с);

Результати підрахунків представлено у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

#### Зупинний шлях автомобіля при різних видах покриття дороги

$V$ , км/год	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
$V$ , м/сек	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28	33
$S$ (с.п.)	0,56	2,25	5,06	9,00	14,06	20,25	27,56	35,99	45,55	56,24	80,98
$S$ (м.п.)	0,98	3,94	8,86	15,75	24,60	35,43	48,23	62,99	79,72	98,42	141,72
$S$ (п.в.с.)	1,97	7,87	17,72	31,49	49,21	70,86	96,45	125,98	159,44	196,84	283,45
$S$ (о.д.)	3,94	15,75	35,43	62,99	98,42	141,72	192,90	251,95	318,88	393,68	566,89

Залежність довжини гальмівного шляху автомобіля від швидкості руху та коефіцієнта зчеплення показано на рис. 1.21.

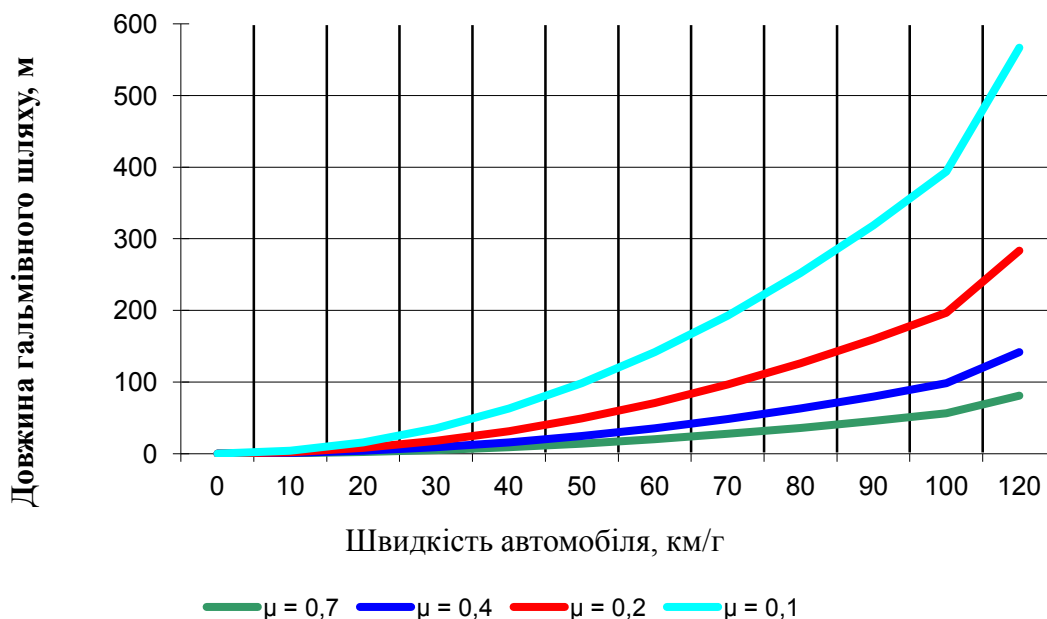


Рис. 1.21. Залежність довжини гальмівного шляху автомобіля від швидкості та коефіцієнта зчеплення

Після відповідного перетворення формули (1.2) одержимо помилку визначення швидкості за формулою (1.4)

$$m_v = 2\mu g m_s, \quad (1.4)$$

де  $m_s$  – помилка визначення гальмівного шляху.

Дослідження впливу помилок визначення швидкості руху на час показало, що при швидкості руху автомобіля менше ніж 30 км/год необхідно вимірювати гальмівний шлях з точністю  $\pm 5$  см. Зазвичай при складанні схеми місця ДТП використовують рулетки – з точністю більше чим 0,5 мм, а довжина ділянки, що знімається при ДТП дорівнює  $\approx 20$  метрів, тому рекомендовано застосовувати масштаб складання схеми місця ДТП 1:100.

## Висновки до розділу 1

1. Встановлено, що складні ситуації під час дорожньо-транспортного руху вимагають нових підходів до швидкої реєстрації та дослідження місця пригоди.

2. У теперішній час експерименти проводилися із багатьма методами реєстрації ДТП. Метод використання рулетки під час реєстрації дорожньо-транспортних пригод можливий, але застарілий; метод фотознімання більш ефективний, проте технологія лазерного сканування характеризується неймовірною швидкістю роботи, більш високою точністю вимірювання та безпечністю, однак для опрацювання отриманих матеріалів необхідне професійне програмне забезпечення та прилади високої вартості.

3. Обґрунтовано використання програмного пакету Cyclone, який у даний час є найбільш актуальним варіантом для розв'язання поставлених завдань. Однак співробітники Національної поліції України не є інженерами-геодезистами, тому використання таких професійних програм, як Cyclone, Trimble RealWorks Survey, ScanIMAGER, LFM не є доцільним у даній ситуації.

4. Технологія запропонована Analyst Gloud Solution, спрямована на реконструкцію аварії, створення тривимірної моделі ДТП і її місцевості потребує для реалізації вартісних програмних та інструментальних баз. Вищезазначене не дозволяє отримувати документацію з реєстрації ДТП на місці скоєння аварії.

5. Обґрунтовано створення геоінформаційної системи реєстрації та картографування ДТП «ІАЦ моніторингу ДТП», що надасть змогу підвищити точність, оперативність та комплексність реєстрації місця, умов, причин та наслідків виникнення ДТП.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ТЕХНОЛОГІЇ КАРТОГРАФУВАННЯ МІСЦЬ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

**2.1. Узагальнена технологічна схема та обґрунтування можливості застосування систем безпілотних літальних апаратів для реєстрації дорожньо-транспортних пригод**

**2.1.1. Узагальнена технологічна схема застосування БПЛА для реєстрації ДТП**

Цифрове аерознімання та вимірювання місцевості безпілотними апаратами на сьогоднішній день є актуальним та оптимальним розв'язанням більшості питань в галузі геодезії, картографії та маркшейдерії [39–42], тому виникла ідея щодо можливості застосування БПЛА у реєстрації та картографуванні ДТП.

Здійснюючи політ заданого маршруту в автоматичному або в напівавтоматичному режимі, отримують точні та достовірні матеріали про особливості рельєфу місцевості, на якій будуть проводитися будівельні роботи, здійснюватиметься наземне лазерне сканування, відбуватиметься моніторинг стану автомобільних та залізничних доріг, аеропортів. Отримані матеріали цифрового аерофотознімання є основою для створення цифрових та електронних карт, складання топографічних планів місцевості й можуть стати основою при складанні схем місця аварій.

Розрізняють 4 рівні аерокосмічного знімання: глобальний, регіональний, локальний та точковий, для окресленого завдання роботи актуально розглядати локальний та точковий рівні, таблиця 2.1 [43].

*Таблиця 2.1*

**Рівні аерокосмічного знімання**

Рівень	Об'єкт, що досліджується	Засоби знімання
Глобальний	континент, країна	супутникові
Регіональний	область, район	супутникові та авіаційні (середні літаки)
Локальний	невеликі території (поле, місто), масштаб не більше за 1:10 000	авіаційні(середні літаки, гелікоптери)
Точковий	населений пункт, ділянка	легкі літаки, БПЛА

Неодноразово робилися спроби обладнати безпілотні літальні апарати (БПЛА) для потреб цивільного знімання, проте використовувати безпілотні апарати за таким призначенням удалось не всім виробникам [44].

Задля полегшення вибору виду БПЛА для поставленого завдання було виконано критичний аналіз літературних джерел, щоб класифікувати безпілотні апарати та визначити перспективи їх подальшого розвитку.

БПЛА являють собою безпілотні літальні апарати без екіпажу на борту. Одним із різновидів безпілотних апаратів є квадрокоптер. Поява перших квадрокоптерів (мультикоптерів) пов'язана з розвитком вертольотобудування. Перший такий літальний апарат, який мав більше двох гвинтів, був створений і випробуваний у 1992 році Георгієм Ботарезом [45]. Новий поштовх у розвитку квадрокоптерів відбувся у XXI столітті, але пілотувалися вони вже без участі людини.

Безпілотні літальні апарати включають у свою конструкцію три (трикоптер), чотири (квадрокоптер), шість (гексокоптер), вісім (октокоптер) або, рідше, дванадцять безколекторних електродвигунів із гвинтами причому, гвинтів може бути по одному на двигун або коаксіально по два.

Розглянемо БПЛА мультироторного типу, попередньо умовно поділивши їх на дві основні групи (табл. 2.2):

- легкі, основними перевагами яких є компактність і добра збереженість при падінні;
- важкі, які можна поділити на стійкі (хороша керованість і вітрова стійкість, але час польоту становить до 40 хв.) та зі збільшеним часом польоту.

Таблиця 2.2

### Групи мультироторних безпілотних літальних апаратів

Тип	Група БПЛА		Вага порожнього апарата, кг	Розмір по діагоналі між моторами, см	Розмір гвинта, дюйм	Час польоту, хв.
I.	легкі		<b>1,5 – 3,0</b>	<b>&lt; 80</b>	<b>11 – 17</b>	<b>25 – 50</b>
II.	важкі	стійкі	<b>3,0 – 6,0</b>	<b>80 – 120</b>	<b>14 – 20</b>	<b>25 – 50</b>
		зі збільшеним часом польоту	<b>3,5 – 4,0</b>	<b>100 – 120</b>	<b>&gt; 25</b>	<b>&gt; 60</b>

На основі детального огляду безпілотних апаратів розроблено класифікацію, яку наведено у таблиці 2.3, [46].

Таблиця 2.3

### Класифікація безпілотних літальних апаратів

БПЛА за способом керування			
безпілотні некеровані	безпілотні автоматичні		дистанційно-пілотовані літальні апарати (ДПЛА)
Класи БПЛА			
«мікро» (до 10 кг, час польоту близько години, висота польоту до 1 км)	«міні» (до 50 кг, час польоту декілька годин, висота польоту до 3–5 км)	«середні» – «міді» (до 1 т., час польоту 10–12 годин, висота польоту до 9–10 км)	«важкі» (> 1 т., час польоту до 24 годин, висота польоту до 20 км)
За призначенням			
розвідувальні	бойові		багатоцільові
За способом старту			
з злітної смуги	з катапульти		з руки

Продовж. табл. 2.3

За способом приземлення			
за допомогою парашута	літаковий спосіб		за допомогою вертикальної осі
За максимальною висотою польоту			
маловисотні (Н < 1 км)	середньовисотні (1 км < Н < 4 км)	висотні (4 км < Н < 12 км)	стратосферні (Н > 12 км)
За часом отримання зібраної інформації			
після посадки	в умовах реального часу		періодично в ході сеансів зв'язку

Розглянуто декілька представницьких марок БПЛА класу «мікро»: квадрокоптер Nine Eagles Galaxy Visitor 2, DJI Phantom 3 Advanced, DJI Phantom 3 Professional, досліджено можливість їх використання при реєстрації та картографуванні ДТП.

### 2.1.2. Аналіз технічних можливостей застосування квадрокоптера Nine Eagles Galaxy Visitor 2 для реєстрації ДТП

Квадрокоптер Nine Eagles Galaxy Visitor 2 (рис. 2.1) – мініатюрна копія DJI Phantom [47]. Провідні інженери знаменитої компанії DJI презентували апарат, який при невеликих розмірах володіє низкою можливостей, раніше доступних лише для техніки професійного рівня.



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд БПЛА Nine Eagles Galaxy Visitor 2

У цьому мініатюрному квадрокоптері реалізовано три унікальні функції (як для квадрокоптера такого розміру і класу), які показано у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

#### Функції квадрокоптера Nine Eagles Galaxy Visitor 2

Функції квадрокоптера	Опис
Налаштування потужності гвинтів	Рекомендована величина 30% для польотів у приміщенні і 38% – для відкритих майданчиків
Утримання напрямку польоту (AUX2)	Завдяки цій функції можна не боятися дезорієнтації у просторі – апарат завжди можна повернути в положення за напрямком до передавача
Автоматичне повернення в напрямку пульта керування (AUX1)	При втраті візуального контролю над квадрокоптером його можна повернути, натиснувши всього одну кнопку

За наявності системи стабілізації квадрокоптер можна використовувати при реєстрації ДТП, оскільки наявність поривчастого вітру та деяких інших впливів погодних умов тепер не будуть перешкодою у картографуванні місця аварії [48].

Налаштування витрат потужності гвинтів можна здійснити натисненням і утриманням правого тумблера пульта керування. У результаті цього тривалий монотонний звуковий сигнал перетвориться на переривчастий. Установлення рекомендованої величини витрат потужності відбудеться за рахунок переміщення лівого тумблера вгору до одержання необхідного значення, яке буде відображатися на екрані дисплея у відсотках (рис. 2.3).



Рис. 2.2. Налаштування потужності гвинтів

При потужності витрат понад 50% керування стає надзвичайно важким, оскільки рух стає непередбачуваним. Такий режим призначений виключно для досвідчених користувачів тільки в особливих випадках (наприклад, при сильному вітрі).

Для спрощення пілотування доступною є функція утримання напрямку незалежно від просторового положення апарата. Пілотам-початківцям це допоможе не припускатися найбільш небезпечних помилок, а для професіоналів – це можливість повністю зосередитися на виконанні складних завдань, зокрема на відеозніманні. Щоб активувати функцію, необхідно покласти включений передавач поряд з апаратом, щоб антена була спрямована чітко на червоний світлодіод, і натиснути AUX1.

Особлива функція даного апарата – автоматичне повернення. Уперше квадрокоптер настільки малого розміру здатний в автоматичному режимі повертатися до користувача. Така функція допоможе уникнути втрати апарата навіть за повної відсутності візуального контролю. У режимі активації функції повернення є можливість налаштувати швидкість автоповернення короткими натисканнями лівого горизонтального тримера. Чим частіше спалахує червоний світлодіод на корпусі апарата, тим більшою є швидкість. Після встановлення необхідної швидкості параметри запам'ятовуються. Натисненням кнопки AUX1 апарат автоматично повертається до користувача. Разом з тим, при втручанні в керування по інших каналах радіозв'язку функція автоповернення вимикається, відновлюється звичайний польотний режим.

Як показали випробування [49], квадрокоптер чітко тримає горизонт і чутливо реагує на команди користувача, а яскраве підсвічування корпусу уможливорює польоти у темряві. У даній моделі реалізовано три режими польоту – режим для новачка, досвідченого користувача і режим 3D польоту. Основні технічні характеристики квадрокоптера подано у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

**Технічні характеристики квадрокоптера Nine Eagles Galaxy Visitor 2**

Параметри	Значення
Довжина × ширина × висота, мм	102 × 102 × 46
Вага, г	41
Діаметр основного гвинта, мм	4 × 56
Апаратура радіокерування JFN	2.4 GHz
Акумуляторна батарея, mAh	Li-Po 3.7 V 1S 350
Час роботи, хв.	6
Записуюча відеокамера	5 мегапікселів
Карта пам'яті MicroSD	2 ГБ

Квадрокоптер оснащений підвісною HD відеокамерою (рис. 2.3), що керується дистанційно, натисненням відповідної кнопки. Функції відеознімання і фотознімання допомагають вдало реєструвати необхідні моменти місця аварії.

Якість зображення надзвичайно висока для такого невеликого розміру апарата, що дозволяє з легкістю опрацювати знімки для отримання кінцевого результату. MicroSD карта пам'яті на 2 ГБ дозволяє зберігати одночасно результати відеознімання та фотознімання для подальшого комп'ютерного опрацювання. Корпус апарата виконаний із легкого і міцного пластику, він надійно захищає електроніку. Акумуляторна батарея апарата (рис. 2.4) розміщується у закритому відсіку. Кришка на засувці легко та швидко відкривається і закривається для заміни батареї. Випробування показали, що заряду акумуляторної батареї достатньо для одержання від 35 до 40 знімків. Наявність USB-перехідника полегшує процес зарядки.



Рис. 2.3. Підвісна HD відеокамера



Рис. 2.4. Акумуляторна батарея

Практичне використання БПЛА для фотознімання в різних погодних умовах [50] дозволило отримати такі результати, таблиця 2.6.

Таблиця 2.6

**Характеристика зображень отриманих квадрокоптером Nine Eagles Galaxy Visitor 2**

Дата	Кількість випробувань	Часовий період	Погода	
			t°, C	Тиск, мм
03.12.14	3	10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup>	-8°, хмарно	765
06.12.14	1	12 <sup>00</sup> -13 <sup>00</sup>	-7°, хмарно	761
09.12.14	4	08 <sup>00</sup> -09 <sup>00</sup>	+2°, ясно	753
14.12.14	2	11 <sup>00</sup> -12 <sup>00</sup>	+7°, вітер	757
16.12.14	2	12 <sup>00</sup> -13 <sup>00</sup>	+6°, хмарно	756

Продовж. табл. 2.6

20.12.14	5	11 <sup>00</sup> -12 <sup>00</sup>	+6°, ясно	747
24.12.14	1	10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup>	+9°, вітер	747
27.12.14	6	10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup>	-2°, хмарно	747
29.12.14	2	11 <sup>00</sup> -12 <sup>00</sup>	-6°, сніг	744
30.12.14	3	10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup>	-8°, вітер	753
01.01.15	1	12 <sup>00</sup> -13 <sup>00</sup>	-9°, хмарно	758
03.01.15	4	11 <sup>00</sup> -12 <sup>00</sup>	+2°, ясно	765
05.01.15	2	10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup>	-1°, хмарно	761
08.01.15	3	09 <sup>00</sup> -10 <sup>00</sup>	-16°, ясно	752
11.01.15	1	12 <sup>00</sup> -13 <sup>00</sup>	+4°, ясно	750
13.01.15	1	08 <sup>00</sup> -09 <sup>00</sup>	+3°, хмарно	756

Аналіз одержаних зображень, приклади яких показано на рисунках 2.5–2.7, продемонстрував легкість дешифрування об'єктів, які підлягали зніманню у сонячний день із вітром 6 м/с та у день із опадами у вигляді снігу та дощу. На фото чітко виражено відбитки шин на поверхні земляного й сніжного покривів, що дозволить визначити і показати на схемах довжину гальмівного шляху.



Рис. 2.5. Дані аерознімання із відбитками шин, 14.12.2014 р.



Рис. 2.6. Дані аерознімання, 20.12.2014 р.



Рис. 2.7. Дані аерознімання автомобільного транспорту, 27.12.2014 р.

Дані виконаних квадрокоптером знімачь можна опрацьовувати у комп'ютерних програмах для отримання кінцевого результату – схем місця пригоди.

Якість даних аерознімання задовольняє необхідну точність для картографування дорожньо-транспортних пригод. Легко можна визначити масштаб фотознімання, користуючись відомими розмірами автомобілів, та відобразити на фотознімку усі необхідні моменти, яких необхідно дотримуватися при складанні схеми ДТП.

### 2.1.3. Спосіб визначення лінійних елементів знімання місцевості ДТП безпілотним апаратом

Для визначення лінійних елементів на даних цифрового знімання [51], отриманих у результаті знімання місцевості безпілотним апаратом, обрано та проаналізовано комп'ютерну програму Spotlight Pro 10 – професійний гібридний графічний редактор, який дозволяє здійснювати повний комплекс робіт із растровими монохромними, кольоровими зображеннями: картами, схемами та іншими графічними матеріалами [52].

Після завантаження даних визначено розміри растрового зображення: ширину (338,65 мм) та висоту (190,51 мм), (рис. 2.8).

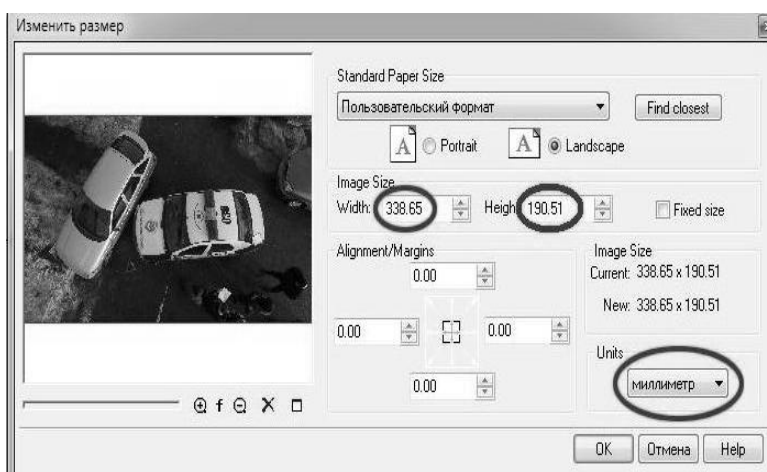


Рис. 2.8. Розміри знімка в SpotlightPro 10

Оскільки в процесі реєстрації ДТП виконано декілька знімків із різної висоти, то у подальшому аналізі вимірювання сторони аварійного трикутника виконувалося на усіх знімках. Результати представлено в таблиці 2.7. Для більш точного визначення сторони трикутника відстань вимірювалась від елементів укріплення, які являють собою правильні геометричні фігури у вигляді кола.

Правильні геометричні фігури набагато легше розпізнати на растровому знімку, тому відстань вимірювалась між центрами визначених кіл.

Таблиця 2.7

### Результати лінійних вимірювань

Знімок	Ширина растрового зображення, мм	Фіксований розмір сторони трикутника, мм	Виміряний розмір сторони трикутника, мм	Коефіцієнт збільшення знімка	Обчислений масштаб
1	338,65	363,00	12,52	9818,67	1/29
2			3,32	37029,28	1/109
3			16,10	7635,85	1/23
4			10,08	12196,15	1/36
5			9,15	13434,97	1/40
6			13,36	9201,34	1/27
7			12,10	10159,50	1/30
8			8,09	15195,30	1/45
9			11,54	10652,51	1/31
10			17,01	7226,92	1/21

Після розрахунку коефіцієнта збільшення знімка з'являється можливість корегування розмірів растрового зображення, у результаті чого одержуємо зображення необхідного формату.

Для перевірки правильності обчислення виконуємо повторне вимірювання розміру сторони аварійного трикутника, у результаті чого отримуємо розміри трикутника в обраних одиницях вимірювання. У даному випадку було вибрано за одиницю вимірювання сантиметри.

Спостерігається залежність обчисленого масштабу від коефіцієнту збільшення знімка. Чим більший коефіцієнт, тим менший масштаб, що свідчить про різну висоту одержання знімків, які було включено в опрацювання.

У результаті вищезазначених дій отримали відмасштабований знімок, на якому можна визначити усі необхідні елементи за допомогою лінійних функцій.

Порівняння віддалей, виміряних на місці скоєння ДТП працівниками поліції із відстанями, визначеними у програмному комплексі Spotlight Pro 10 на десятих знімках за запропонованою технологією, свідчить про збіжність результатів у межах  $\pm 10$  сантиметрів.

Також отримані результати дозволили побудувати гістограму розподілу відхилень між визначеними лінійними елементами (рис. 2.9).

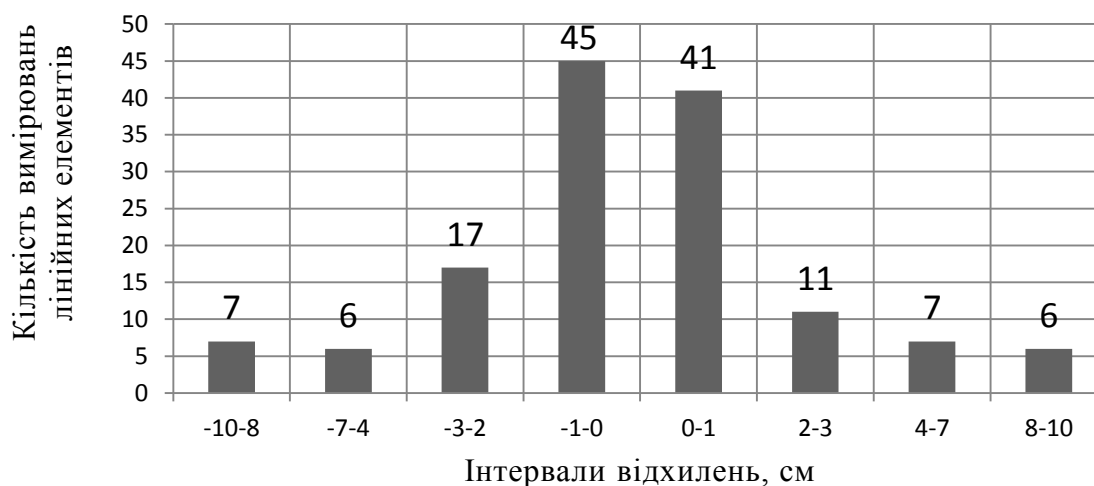


Рис. 2.9. Гістограма розподілу відхилень між лінійними елементами. Аналіз показав, що в кількісному відношенні відхилення в межах  $(-3 \div +3$  см) становлять 81,4 % від загальної кількості лінійних вимірювань.

#### 2.1.4. Аналіз технічних можливостей застосування квадрокоптерів DJI Phantom 3 для реєстрації ДТП

Автоматизація процесу реєстрації дорожньо-транспортної пригоди може розв'язати низку питань, які стосуються технології оформлення протоколу та порядку складання схеми місця ДТП. У результаті знімання місцевості безпілотним апаратом, а саме квадрокоптером DJI Phantom 3, є можливість отримати не лише цифрові дані автомобілів, які потрапили в аварію, але й оцінити прилеглу до них ситуацію [53, 54].

Апарат DJI Phantom 3 був випущений у двох комплектаціях, які отримали назви Professional і Advanced (рис. 2.10). Відмінність у цих двох моделях лише одна: нова камера, яка може здійснювати відеознімання Ultra HD дозволом до  $4096 \times 2160$  або  $3840 \times 2160$ , так званий формат «4К». Відтак камера Phantom 3 Professional майже ідентична камері DJI Inspire 1 [55]. Це дало поштовх для дослідження можливості застосування даних апаратів у реєстрації ДТП.



Рис. 2.10. Зовнішній вигляд БПЛА DJI Phantom 3

Основні відмінності між апаратами та їх технічні характеристики представлено у таблиці 2.8.

### Технічні характеристики моделей DJI Phantom 3

<b>КВАДРОКОПТЕР DJI PHANTOM 3</b>	
Вага (включаючи акумулятор і пропелери) <i>1280 г</i>	
Розмір по діагоналі (включаючи пропелери) <i>590 мм</i>	
Максимальна швидкість:	– зльоту <i>5 м/с</i> – приземлення <i>3 м/с</i>
Точність польоту:	– по вертикалі: <i>+/- 10 см</i> – по горизонталі: <i>+/- 1 м</i>
Максимальна швидкість польоту <i>16 м/с</i>	
Максимальна висота польоту <i>6000 м над рівнем моря</i>	
Температура робочого середовища від <i>0° C до 40° C</i>	
Підтримка систем навігації <i>GPS / ГЛОНАСС</i>	
<b>КАМЕРА І КАРДАННА ПІДВІСКА</b>	
Підвіска <i>3-осьова</i>	
Радіус контролю підвіски <i>тангаж від -90° до +30°</i>	
Сенсор <i>Sony EXMOR 1 / 2.3"</i> , <i>12.4 мільйона ефективних пікселів</i>	
Об'єктив <i>f / 2.8 (20-мм еквівалент)</i> , <i>94° кут огляду</i>	
ISO:	– <i>100-3200 (відео)</i> – <i>100-1600 (фото)</i>
Витримка затвора <i>8 сек - 1/8000 сек</i>	
Максимальний дозвіл фотознімків <i>4000 × 3000</i>	
<b>РЕЖИМИ ВІДЕО</b>	
<b>Phantom 3 Advanced</b>	<b>Phantom 3 Professional</b>
– <i>FHD: 1920x1080p (24/25/30/48/50/60 кадрів у секунду)</i> – <i>HD: 1280x720p (24/25/30/48/50/60 кадрів у секунду)</i>	– <i>UHD: 4096x2160p (24/25 кадрів у секунду), 3840x2160p (24/25/30 кадрів у секунду)</i> – <i>FHD: 1920x1080p (24/25/30/48/50/60 кадрів у секунду)</i> – <i>HD: 1280x720p (24/25/30/48/50/60 кадрів у секунду)</i>
Режими фото:	– <i>окремий знімок</i> – <i>3/5/7 знімків</i> – <i>автоматичний експобрекетинг</i> – <i>таймлапс</i>
Підтримка карток пам'яті:	– <i>SD / SDHC / SDXC Micro SD</i> – <i>максимальний об'єм: 64 GB. Швидкість: Class 10 або UHS-1</i>
Максимальний бітрейт відео <i>60 Мбіт/сек</i>	
Підтримуючі формати файлів:	– <i>фото: JPEG, DNG</i> – <i>відео: MP4 / MOV (MPEG-4 AVC / H.264)</i> – <i>файлова система FAT32 або exFAT</i>
Температура робочого середовища від <i>0° C до 40° C</i>	
<b>ПУЛЬТ КЕРУВАННЯ</b>	
Робоча частота <i>2.400 GHz-2.483 GHz</i>	
Максимальна дальність керування <i>2 км</i>	
Вихідний відеопорт <i>USB</i>	
Температура робочого середовища від <i>0° C до 40° C</i>	
Акумулятор <i>літій-полімерний, 2-осередковий на 6000 mAh</i>	
Кріплення призначене для:	– <i>смартфонів</i> – <i>планшетів</i>

Чутливість приймача <i>101 dBm ± 2 dBm</i>	
Потужність передавача:	– <i>FCC: 20 dBm</i> – <i>CE: 16 dBm</i>
Робоча напруга <i>1.2 A @ 7.4 V</i>	
АКУМУЛЯТОР	
Ємкість <i>4480mAh</i>	
Тип літій-полімерний, 6-осередковий	
Напруга <i>15.2 V</i>	
Енергоспоживання <i>68 Wh</i>	
Вага <i>365 г</i>	
Польотний час близько <i>23 хвилин</i> (офіційно)	
Температура робочого середовища <i>від 0° C до 40° C</i>	
Максимальна витрата енергії на підзарядку <i>100 W</i>	
ЗАРЯДНЕ	
Напруга <i>17.4 V</i>	
Номінальна потужність	
Phantom 3 Advanced	Phantom 3 Professional
<i>57 W</i>	<i>100 W</i>
ДОДАТОК ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ДЕВАЙСІВ	
Назва <i>DJI Pilot</i>	
EIRP <i>100 mW</i>	
Частота передавання відео онлайн <i>2.4GHz ISM</i>	
Якість відео <i>720p @ 30fps</i>	
Підтримуючі ОС:	– <i>iOS 8.0 або вище</i> – <i>Android 4.1.2 або вище</i>
Рекомендовані аксесуари:	– <i>iOS: iPhone 5s, iPhone 6, iPhone 6 Plus, iPad Air, iPad Air Wi-Fi + Cellular, iPad mini 2, iPad mini 2 Wi-Fi + Cellular, iPad Air 2, iPad Air 2 Wi-Fi + Cellular, iPad mini 3, i iPad mini 3 Wi-Fi + Cellular. Оптимізовано під iPhone 5s, iPhone 6, i iPhone 6 Plus</i> – <i>Android: Samsung S5, Note 3, Sony Xperia Z3, Google Nexus 7 II, Google Nexus 9, Mi 3, Nubia Z7 mini</i>

Дослідження двох моделей узагальнило процес реєстрації ДТІ за допомогою означених пристроїв. Після прибуття на місце скоєння аварії поліцейськими було оглянуто місцевість і встановлено літальний апарат на рівний відкритий майданчик. Процес підготовки апарата до польоту здійснювався за такою схемою (рис. 2.11): перевели перемикач режимів польоту на пульті дистанційного керування (ДК) праворуч у положення (PMODE). PMODE – Режим позиціонування, AMODE – Режим АТТІ і FMODE – Функціональний Режим (1); увімкнули пульт ДК, натиснули на кнопку живлення один раз, потім відпустили і натиснули, утримуючи її протягом 2 сек (2); вставили Intelligent Flight Battery у модель Phantom 3.

Увімкнути батарею, натиснули на кнопку живлення один раз, потім відпустили і натиснули її, утримуючи протягом 2 сек (3); переконалися в тому, що LED індикатор на пульті ДК горить зеленим світлом, показуючи цим, що пульт ДК готовий до використання (4); підключили мобільний пристрій до пульта ДК за допомогою кабеля USB і запустили додаток DJI Pilot (5); у додатку натиснули на кнопку «Camera». Натисканням кнопки меню «Контрольний список» на екрані (6) переконалися, що квадрокоптер готовий до польоту;

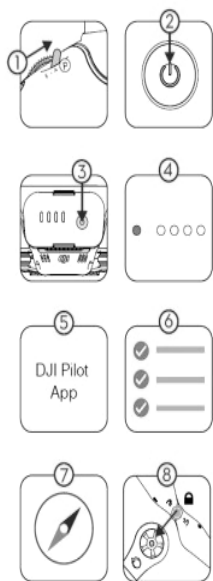


Рис. 2.11. Процес підготовки апарата до польоту

виконали калібрування компаса, натиснувши кнопку «MODE» у додатку, обравши «Compass Calibration». Калібрування компаса виконується перед кожним новим польотом, оскільки компас дуже чутливий до електромагнітних перешкод, які можуть викликати зниження стабільності польоту (7); встановили пропелери з чорною гайкою на мотори з чорними осями і закрутили їх проти годинникової стрілки. Вставили пропелери з сірими гайками на мотори з сірими осями і закрутили їх за годинниковою стрілкою (8).

Перед початком польоту переконалися у тому, що Статус бар квадрокоптера (Aircraft Status Bar) у додатку DJI Pilot показує «Safeto Fly (GPS)», забезпечуючи цим надійне повернення апарата у випадку втрати сигналу з ним.

Налаштування безпілотного апарата не потребувало багато часу, що значно пришвидшило процес реєстрації ДТП, при цьому не потрібно зупиняти потік транспортного руху на дорозі.

Після виконання зазначеної інструкції запустили апарат над місцем скоєння ДТП, контролювали висоту польоту, при цьому слідкували за ситуацією на прилеглий території. Політ керували за допомогою лівого і правого тумблера на ДК: лівий відповідає за висоту та обертання навколо своєї осі, правий забезпечує напрям польоту вправо – вліво, вперед – назад. Піднімаючись на різні висоти, оцінювали прилеглу ситуацію на екрані монітора по бездротовій системі Wi-fi зв'язку; у разі задоволення вимог, яких необхідно дотримуватися при оформленні аварій, застосовували корисну функцію скріншот, яку допомагав виконати помічник оператора [56].

Згідно з вимогами Інструкції щодо оформлення працівниками поліції матеріалів про адміністративні порушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху [13] на знімках повинні бути зареєстровані (рис. 2.12): автомобільний транспорт учасників ДТП (1, 2), дорога, перехрестя (3), дорожні знаки (4), бордюри (5), дорожні розмітки (6), допоміжний аварійний трикутник з відомими зареєстрованими розмірами (7), який повинен мати горизонтальне положення на дорозі.

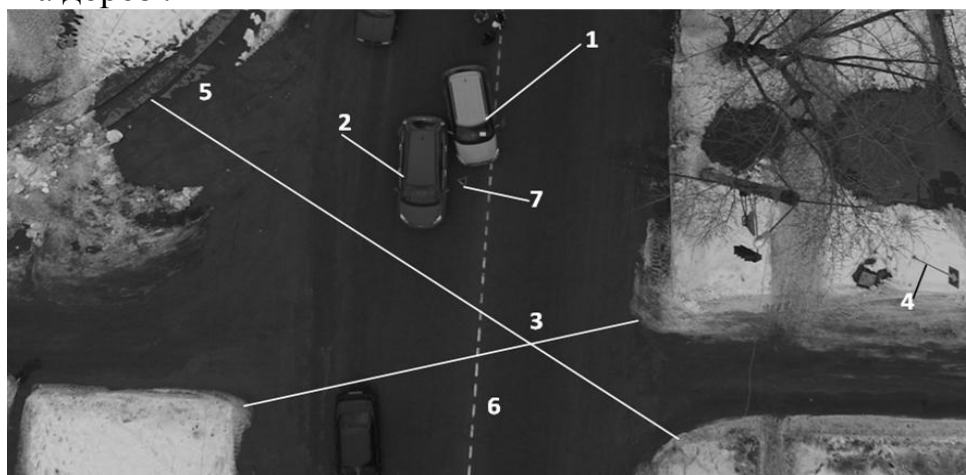


Рис. 2.12. Скріншот місця ДТП з екрана монітора

Оскільки в процесі реєстрації аварії здійснювали не один знімок, виникла можливість показати маршрут знімання квадрокоптера на карті Google, у результаті чого отримали додатковий звіт до протоколу схеми місця ДТП [57, 58]. Паралельно з фотографуванням відбувалось відеознімання прилеглої території на місці скоєння ДТП для достовірності та додаткової звітності. Після завершення маршруту польоту (в межах 15 хвилин) була здійснена посадка квадрокоптера у зручному місці.

## **2.2. Результати калібрування цифрової камери БПЛА за аерознімками тестового полігона**

Останнім часом у сфері аерофотогеодезії набуває все більшої актуальності розв'язання питання, що стосується застосування безпілотних літальних апаратів із різними камерами на борту для фотограмметричних завдань. Це можуть бути «побутові» камери зі шторно-щілинними затворами, професійні – з ламельними затворами і апарати з центральним затвором.

Прогрес в сфері цифрових технологій спричинив появу на ринку високоякісної цифрової знімальної апаратури. Мало- і середньоформатні цифрові камери з успіхом використовують для наземного стереофотограмметричного знімання й аерознімання [59]. Упровадження цифрової фотограмметричної апаратури у практику аерознімання спрощує технологію фотографування і опрацювання матеріалів знімання, дозволяє отримувати високоякісні кольорові і мультиспектральні знімки, водночас послаблюється низка обмежень, що стосуються динамічних умов польоту.

Ключовим фактором подібної тенденції є оперативність отриманих даних і відносно низька вартість реалізації подібних проектів. Таким чином, знімання невеликих територій з метою великомасштабного картографування за допомогою безпілотних літальних апаратів стає практично поза конкуренцією для класичного аерознімання або супутникового знімання за якісними зображеннями, часовими та економічними показниками.

З-поміж виробників і користувачів таких аерознімальних систем поширена думка про те, що виконувати лабораторне калібрування не слід, оскільки алгоритм сучасних цифрових фотограмметричних систем має можливість здійснювати самокалібрування в процесі побудови і зрівнювання фототріангуляції [60]. Однак усебічних як теоретичних, так і практичних досліджень у даному напрямку не виконувалось.

Звичайно, окрім переваг, цифрові дані з БПЛА характеризуються певними особливостями, що ускладнюють застосування до них класичних методів фотограмметричного опрацювання. Маса негативних чинників, таких як використання некаліброваних побутових камер зі шторно-щілинними затворами без компенсації зсуву зображення, нестабільна поведінка літального апарата у повітряному просторі, дешеве бортове обладнання – накладає певний відбиток на підхід до опрацювання таких даних.

Останнім часом для калібрування цифрової камери БПЛА застосовують польовий і лабораторний методи калібрування [61]. Найбільш надійними, з точки

зору однозначності результатів, є лабораторні методи, які ґрунтуються на безпосередніх дослідженнях оптичних систем фотоапаратів або фотографічних зображень спеціальних тест-об'єктів, отриманих ними. Недоліком лабораторних досліджень є те, що в їх процесі не враховуються впливи зовнішнього середовища, які виявляються при експлуатації апаратури в реальних умовах. Через це результати такого калібрування вважаються наближеними.

Методи, які застосовуються в польових умовах, вважаються більш точними, дослідження проводяться за знімками спеціального каліброваного полігона, створеного на місцевості. Крім того, існує методика, яка дозволяє визначити параметри калібрування безпосередньо за матеріалами виробничого аерознімання за рахунок надлишку вихідних даних і геометричного зв'язку, які виникають у фотограмметричних мережах. Надійність цих способів залежить від характеру місцевості, на якій створено полігон або розташовано об'єкт аерознімання [62].

Нижче наводяться результати дослідження застосування польового методу калібрування для камери, встановленої на БПЛА DJI Phantom 3 – 1/2.3" CMOS-сенсор на 12 мегапікселів із кутом огляду 94°. Для проведення експерименту використовували тест-об'єкт на території ДВНЗ «Криворізький національний університет» [63] і спеціальні програмні забезпечення Delta Digitals [64], Statistica 10 [65] та Surfer [66].

Для виконання калібрування камери тест-полігон закріплено 36 маркованими опорними точками з деяким перепадом висотної відмітки. Визначення координат марок на аерознімках здійснювалося на основі вихідних координат трьох пунктів тахеометричного знімання [67].

У таблиці 2.9 подано різницю отриманих координат.

Таблиця 2.9

### Різниця координат марок тестового полігона

№/№ точок	$\Delta X$ , см	$\Delta Y$ , см	№/№ точок	$\Delta X$ , см	$\Delta Y$ , см	№/№ точок	$\Delta X$ , см	$\Delta Y$ , см
26	-7	+4	17	-2	-5	29	-8	-2
25	-3	-1	16	-2	-3	28	-3	+4
4	0	-5	15	-4	-1	27	+2	-2
23	+1	+2	14	0	-8	26/3	0	+4
22	+3	+3	13	-3	+1	26/1	+8	-2
21	+6	-4	12	-3	-7	47	+3	-3
20	-2	-2	11	+3	-9	46	+3	-2
19	0	-1	10	+5	+6	48	+2	-1
40	+1	-5	33	-2	-1	30	-4	-7
32	-3	-5	34	+2	-4	39	+4	-4
48	-2	-1	38	+5	0	40	-1	-5
18	+3	-1	9	0	-8	31	-5	-6

За даними таблиці побудовано варіаційні ряди у вигляді гістограм (рис. 2.13).

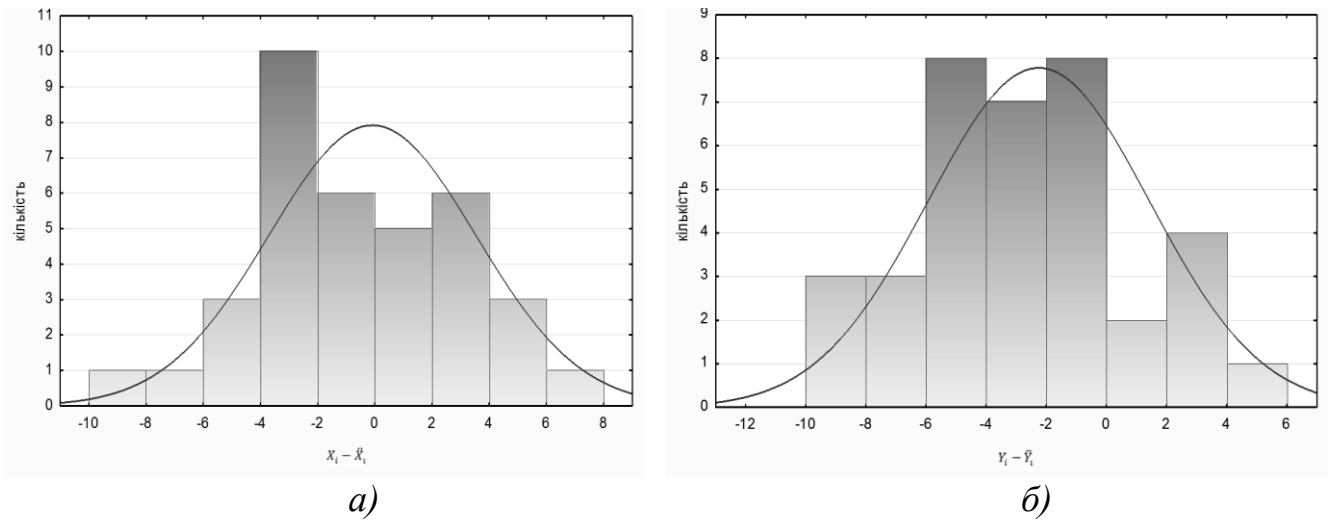


Рис. 2.13. Варіаційні ряди у вигляді гістограм, побудовані за даними:

а)  $X_{\text{тах}} - X_{\text{БПЛА}}$ ; б)  $Y_{\text{тах}} - Y_{\text{БПЛА}}$ ;

Опрацьовано й візуалізовано двовимірні набори даних, що описуються функціями типу  $z = f(x, y)$ , побудовано каркасні і тривимірні моделі, опорні та векторні карти, цифрові моделі тест-об'єкта з позначеними на ньому марками (рис. 2.14).

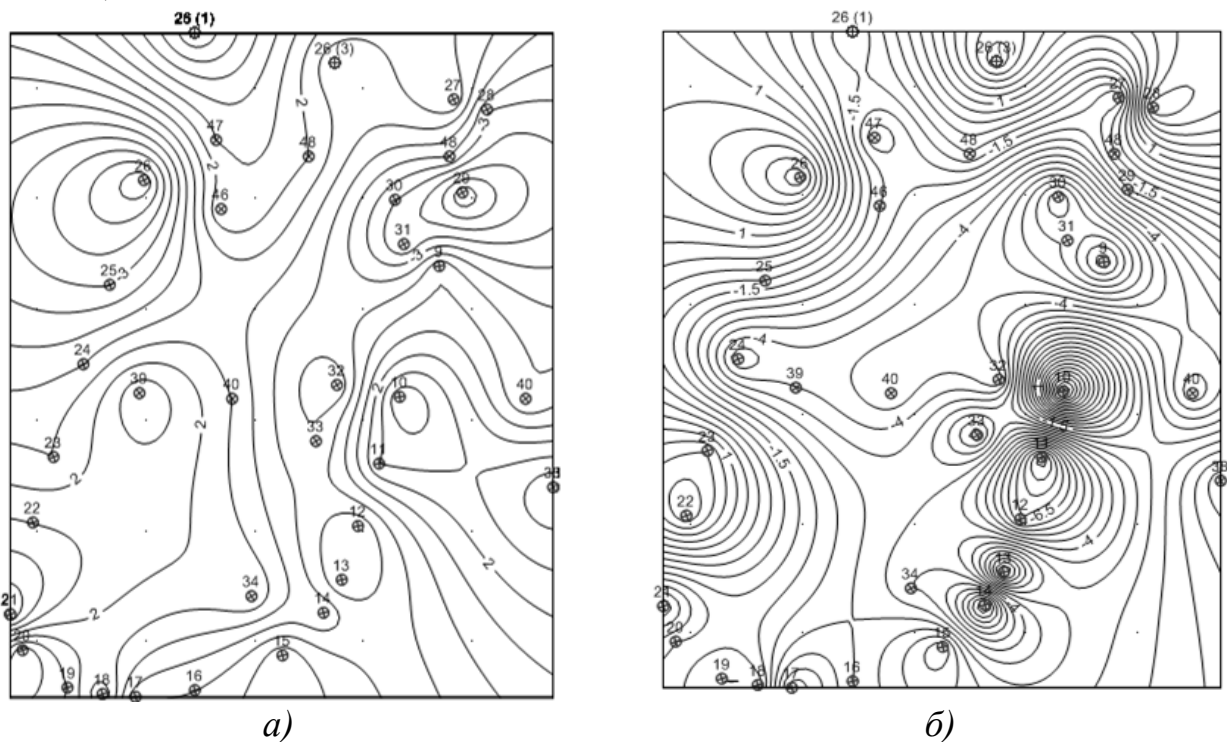


Рис. 2.14. Цифрові моделі тест-об'єкта, побудовані за даними:

а)  $X_{\text{тах}} - X_{\text{БПЛА}}$ ; б)  $Y_{\text{тах}} - Y_{\text{БПЛА}}$ ;

На рис. 2.15 показано створені векторні діаграми геометричних спотворень координат 36 марок, які визначені у результаті тахеометричного знімання та вимірювань координат марок на аерознімку.

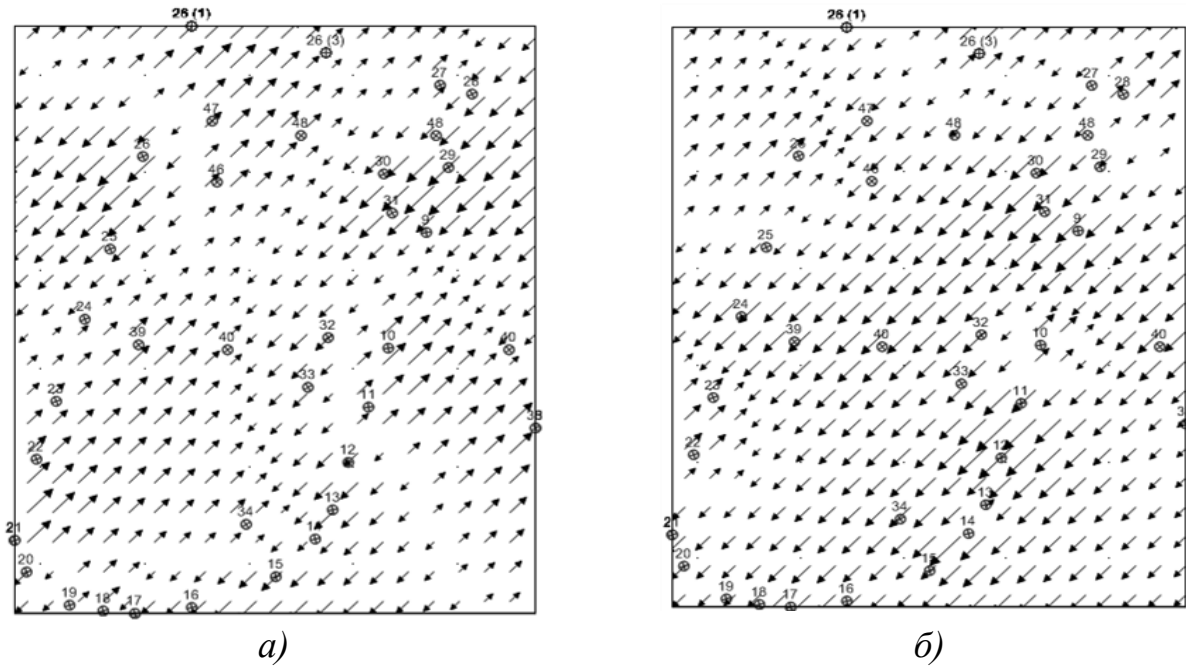


Рис. 2.15. Векторні діаграми геометричних спотворень координат марок, побудовані за даними:

а)  $X_{\text{тах}} - X_{\text{БПЛА}}$ ; б)  $Y_{\text{тах}} - Y_{\text{БПЛА}}$ ;

Аналіз отриманих даних побудованих 3-D моделей спотворення координат марок тестового об'єкта (рис. 2.16) дає підстави зазначити, що відхилення в значеннях координат практично рівномірні для точок досліджуваної ділянки.

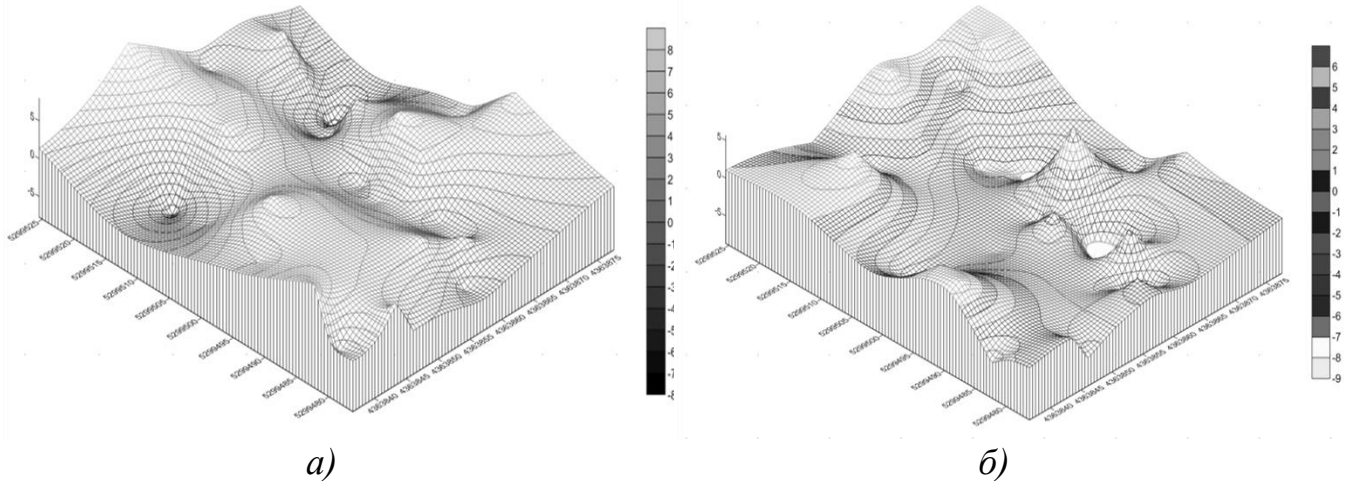


Рис. 2.16. 3-D моделі спотворення координат марок тестового об'єкта, побудовані за даними:

а)  $X_{\text{тах}} - X_{\text{БПЛА}}$ ; б)  $Y_{\text{тах}} - Y_{\text{БПЛА}}$ ;

Об'єктивним критерієм точності є знаходження середньоквадратичних похибок (СКП) координат контрольних точок, визначених за цифровими матеріалами за такими формулами

$$\left. \begin{aligned} m_x &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \ddot{X}_1)^2}{n}} \\ m_y &= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \ddot{Y}_1)^2}{n}} \end{aligned} \right\}, \quad (2.1)$$

де  $m_x$ ,  $m_y$  – СКП визначення координат;  $X_i$ ,  $Y_i$  – геодезичні координати;  $\ddot{X}_1$ ,  $\ddot{Y}_1$  – фотограмметричні координати;  $n$  – кількість контрольних точок.

Обчислення показали, що знайдені СКП координат контрольних точок за формулами (2.1) такі:  $m_x = \pm 3,63$  см;  $m_y = \pm 4,33$  см.

Дослідженням встановлено, що точність ортофотоплану тестового полігона, створеного в результаті опрацювання матеріалів аерознімання з використанням БПЛА, дозволяє здійснювати великомасштабне картографування для реєстрації ДТП.

### **2.3. Результати дослідження точності аерознімання на дослідному полігоні**

#### **2.3.1. Геодезичні вимірювання на дослідному полігоні**

Використання БПЛА для проведення аерознімання є найбільш актуальним напрямком розвитку методів збору геопросторових даних та рентабельним розв'язанням більшості питань у галузі геодезії, картографії та маркшейдерії. За показниками польоту заданого маршруту в автоматичному або напівавтоматичному режимі отримують точні та достовірні знімки і відеоматеріали про особливості місцевості, на якій будуть проводитися будівельні роботи, здійснюватиметься наземне лазерне сканування, відбуватиметься моніторинг стану автомобільних та залізничних доріг, аеропортів [68]. Отримані матеріали цифрового аерофотознімання є основою для створення цифрових та електронних карт, складання топографічних і кадастрових планів місцевості.

Зазначимо, що застосування БПЛА розглядалось раніше для створення великомасштабних планів сільських населених пунктів [69], для складання кадастрових та топографічних планів [70, 71], картографування дорожньо-транспортних подій [53].

Дослідженнями встановлено, що, на відміну від тахеометричного знімання та вимірювання за допомогою GNSS-приймачів, безпілотні літальні апарати дають змогу швидко, якісно та економічно вигідно виконати аерознімання території невеликої площі з метою складання топографічних планів та ортофотопланів. Однак для того, щоб оцінити реальне місце даної технології з-поміж наявних способів знімання, необхідно порівняти її результати з отриманими матеріалами запропонованого знімання тестового дослідного полігона – ділянки місцевості невеликої площі на території Криворізького національного університету (рис. 2.17), [72].

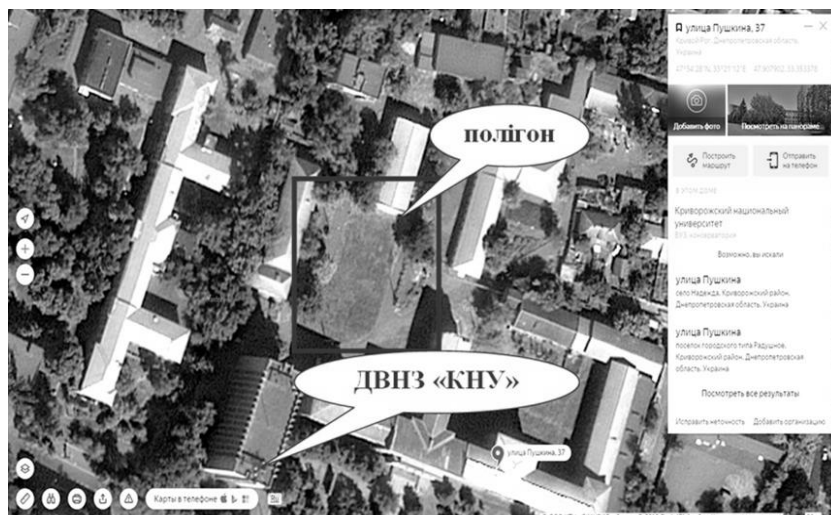


Рис. 2.17. Тестовий дослідний полігон на карті

Уздовж контуру та в середині газонного насадження були розташовані марки. Слід зазначити, що маркування опорних точок перед аерозніманням є надзвичайно важливим, оскільки зменшуються власні помилки розпізнавання опорних точок на знімках та суттєво підвищується точність фотограмметричного візування на таку точку.

Відомо, що маркувальний знак – це майже завжди правильна геометрична фігура: квадрат; прямокутник; коло; хрестоподібна або Г-подібна тощо, а розмір знака в натурі дорівнює  $(0,3 - 0,5\text{мм}) \cdot M$ , де  $M$  – знаменник масштабу знімка. Тому в дослідженні використовували марки круглої та прямокутної форми (рис. 2.18), які забезпечили максимальний контраст на зеленому й темному фоні обраного полігону.

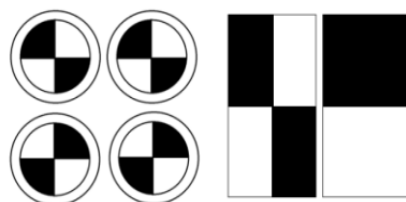


Рис. 2.18. Марки для тестового дослідного полігону

Визначення координат марок здійснювалося за допомогою тахеометричного знімання, GNSS-знімання та БПЛА. У даному дослідженні використовували тахеометр Sokkia SET 530 R, GNSS-приймач TOPCON Hiper+, квадрокоптер DJI Phantom 3 Professional та металеву рулетку. Налаштування геодезичних приладів у робоче положення відбувалося відповідно до індивідуальних інструкцій користування цими пристроями [73, 74, 55].

Для опрацювання отриманих матеріалів було обрано програмне забезпечення Delta Digital, потужне картографічне ядро якого дозволяє використовувати в одній карті тисячі растрових зображень і сотні тисяч векторних об'єктів в умовних знаках, підтримувати повний технологічний цикл від оброблення геодезичних вимірювань до роздрукування технічної документації, дозволяє здійснювати зшивку та масштабування зображень, запис і читання файлів у форматах популярних ГІС [64].

Після завантаження у модуль Geodesy файлів тахеометричного знімання та

GNSS-знімання (рис. 2.19, 2.20) відбувається обчислення та зрівнювання координат (табл. 2.10). Координати марок тестового полігона виконаних знімів визначено в системі координат СК 63.

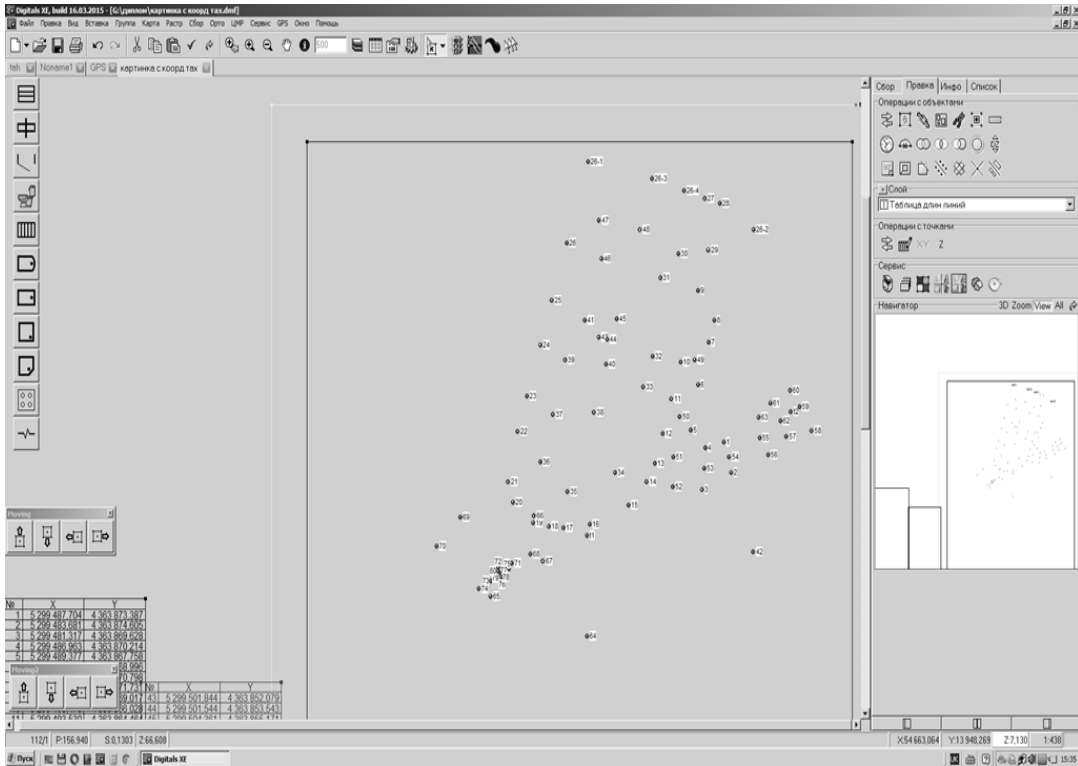


Рис. 2.19. Марки тахеометричного знімання у робочому вікні програми Delta Digital

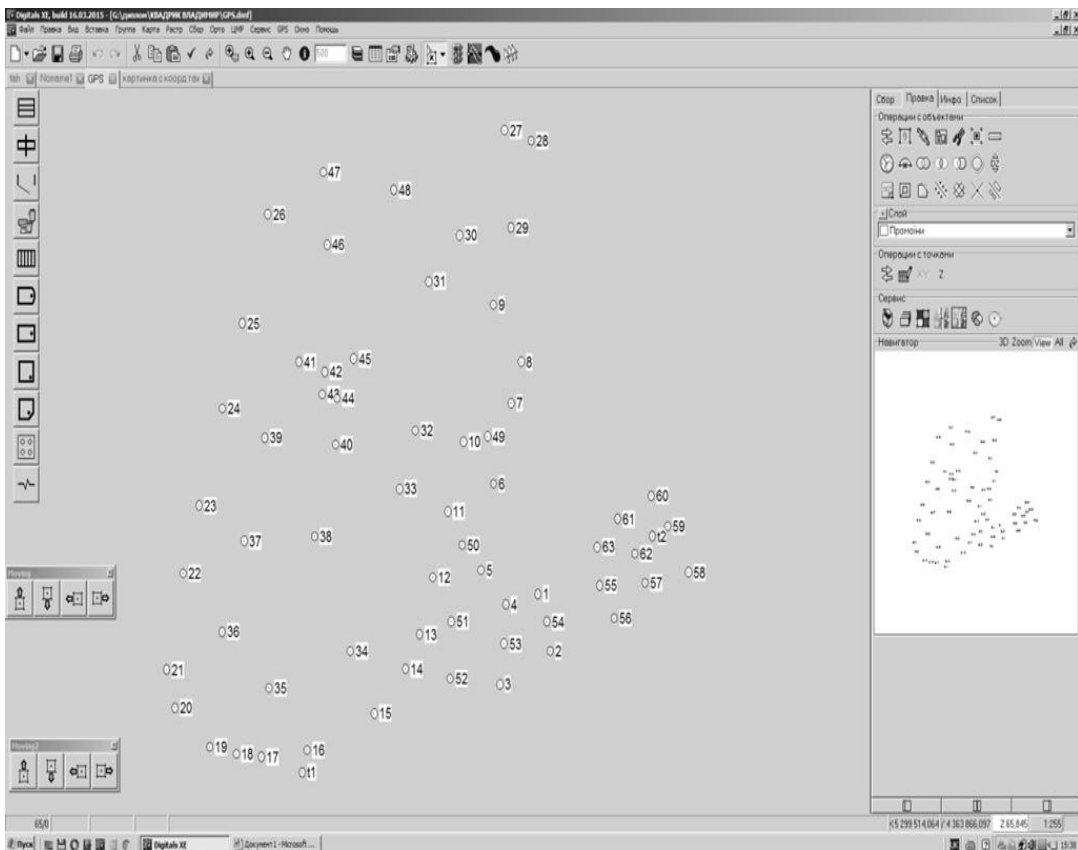




Рис. 2.20. Марки GNSS-знімання у робочому вікні програми Delta Digital

Таблиця 2.10

**Координати марок тахеометричного знімання та GNSS-знімання, м**

№ марки	Тахеометричне знімання		GNSS-знімання	
	X	Y	X	Y
22	489,158	838,332	489,157	838,344
25	506,799	844,132	506,801	844,132
47	517,529	852,177	517,529	852,187
46	512,407	852,552	512,412	852,558
48	512,320	859,165	516,319	859,175
31	509,820	862,609	509,826	862,615
40	498,337	853,384	498,335	853,397
32	499,361	861,300	499,358	861,313
33	495,193	859,712	495,198	859,718
12	488,895	862,889	488,900	862,903
34	483,693	854,843	483,696	854,857
15	479,299	857,180	479,305	857,196
18	476,436	843,598	476,432	843,593
30	513,096	865,688	513,097	865,699
9	508,184	869,029	508,187	869,039
10	498,478	866,057	498,474	866,051
11	493,530	864,481	493,525	864,494
13	484,910	861,669	484,905	861,671
14	482,463	860,283	482,468	860,297
16	476,718	850,561	476,721	850,577
29	513,632	870,901	513,687	870,750
20	479,694	837,588	479,696	837,656
24	500,900	842,143	500,902	842,146
26	514,560	846,713	514,563	846,714
39	498,757	846,378	498,761	846,384
26/3	523,232	861,174	523,230	861,168
26/1	525,498	850,588	525,490	850,621
17	476,226	846,085	476,221	846,091
38	491,775	877,624	491,769	877,624
47	517,529	876,795	517,529	876,793
44	501,544	875,390	501,539	875,394

Нижче наводиться порядок побудови контуру полігону, який полягає у таких діях. На панелі інструментів тиснемо на Збір (рис. 2.21), програма переходить у відповідний режим і курсор маніпулятора набуває форми  перехрестя.

Із списку Активний шар вибираємо ІN4\_Квартал, із Шаблон збору – лінія. Спрямовуємо курсор маніпулятора до кожної марки до того моменту, доки не з'явиться курсор  та реєструємо точки натисненням лівої кнопки маніпулятора. У зв'язку з тим, що ми маємо замкнутий полігон, на останній зареєстрованій марці тиснемо на праву кнопку маніпулятора й обираємо функцію

«Замкнути об'єкт», відтак остання зареєстрована марка замикається із зареєстрованою вихідною маркою.

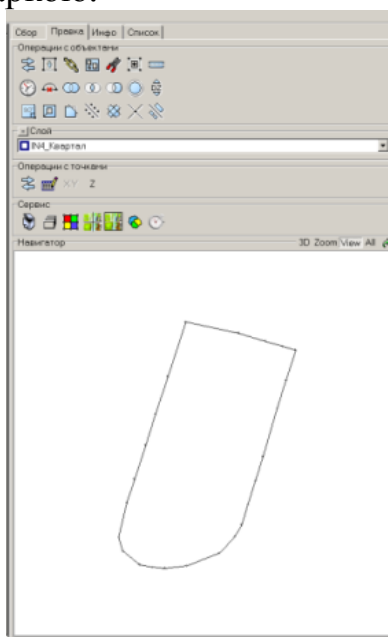


Рис. 2.21. Робоче вікно режиму «Збір»

У результаті опрацювання матеріалів одержали два варіанти контуру полігона тахеометричного знімання та GNSS-знімання. Після порівняння отриманих координат марок контуру було зроблено висновок, що відхилення між відповідними координатами не перевищує  $\pm 0,002$  м, тому узагальнюємо схему полігона (рис. 2.22).

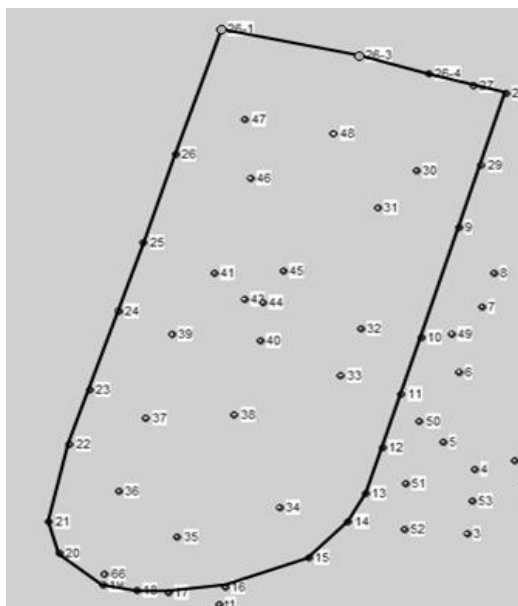


Рис. 2.22. Контур дослідного полігона в результаті опрацювання у програмі Delta Digital

Цифрове аерознімання дослідного полігона здійснювалося паралельно з вищеперерахованими зніманнями. Процес виконання знімання проводився у кілька етапів: підготовчі роботи, які полягали у налаштуванні квадрокоптера у робоче положення [56], маркування пунктів на дослідному полігоні, виконання аерознімання та камеральне опрацювання отриманих матеріалів.

За для експерименту, декілька знімків тестового полігона зшили та відмасштабували до масштабу 1:500 (рис. 2.23).

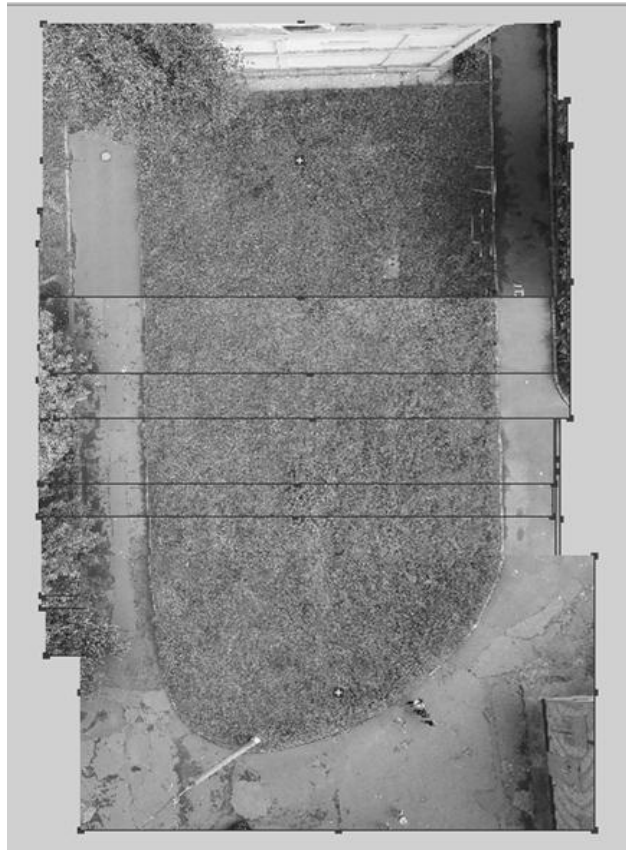


Рис. 2.23. Зшивка даних аерознімання з БПЛА

На основі відомих координат трьох вихідних пунктів визначено координати марок на ортофотоплані, що відображено на рис. 2.24 і в таблиці 2.11.



Рис. 2.24. Розташування марок на ортофотоплані

Таблиця 2.11

## Координати марок на даних аерознімання з БПЛА, м

№ марки	Аерознімання з БПЛА	
	X	Y
22	489,155	838,329
25	506,802	844,133
47	517,526	852,180
46	512,404	852,554
48	516,322	859,166
31	509,825	862,603
40	498,336	853,389
32	499,364	861,305
33	495,195	859,713
12	488,898	862,896
34	483,691	854,847
15	479,303	857,190
18	476,433	843,599
30	513,100	865,695
9	508,184	869,037
10	498,473	866,050
11	493,527	864,490
13	484,913	861,668
14	482,463	860,291
16	476,720	850,564
29	513,640	870,903
20	479,696	837,590
24	500,900	842,148
26	514,567	846,709
39	498,753	846,382
26/3	523,232	861,170
26/1	525,490	850,590
17	476,225	846,090
38	491,770	877,624
47	517,526	876,798
44	501,540	875,403

Указані дії дозволили показати контур полігона на ортофотоплані, отриманому в результаті аерознімання (рис. 2.25).



Рис. 2.25. Контур полігона на ортофотоплані

Опрацювання одержаних матеріалів дозволило порівняти обчислені площі дослідного полігона (табл. 2.12).

Таблиця 2.12

### Площа дослідного полігона

Метод знімання	БПЛА	Тахеометричне знімання	GNSS-знімання
Визначена площа земельної ділянки, га	0,1098	0,1097	0,1098

Як видно із таблиці 2.13, значення площ дослідного полігона практично однакові, а відхилення площі, визначеної із ортофотоплану від тахеометричного знімання, становить + 1,0 м<sup>2</sup>.

Окремі координати контуру дослідного полігона, які обчислені за матеріалами тахеометричного знімання, GNSS-знімання та аерознімання представлено у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13

### Координати контуру дослідного полігона, м

№ точки	Тахеометричне знімання		GNSS-знімання		Аерознімання з БПЛА	
	X	Y	X	Y	X	Y
26-1	525,498	850,588	525,490	850,621	525,490	850,590
26	514,560	846,713	514,563	846,714	514,567	846,709
25	506,799	844,132	506,801	844,132	506,802	844,133
24	500,900	842,143	500,902	842,146	500,900	842,148
23	494,021	839,887	494,022	839,866	494,020	839,885
22	489,158	838,332	489,157	838,344	489,155	838,329
21	482,386	836,754	482,404	836,654	482,380	836,758
20	479,694	837,588	479,696	837,656	479,696	837,590
19	476,911	840,944	476,936	840,917	476,901	840,945

Продовж. табл. 2.13

18	476,436	843,598	476,432	843,593	476,433	843,599
17	476,226	846,085	476,221	846,091	476,225	846,090
16	476,718	850,561	476,721	850,577	476,720	850,564
15	479,299	857,180	479,305	857,196	479,303	857,190
14	482,463	860,283	482,468	860,297	482,463	860,291
13	484,910	861,669	484,905	861,671	484,913	861,668
12	488,895	862,889	488,900	862,903	488,898	862,896
11	493,530	864,481	493,525	864,494	493,527	864,490
10	498,478	866,057	498,474	866,051	498,473	866,050
9	508,184	869,029	508,187	869,039	508,184	869,037
29	513,632	870,901	513,687	870,771	513,440	870,903
28	519,867	872,694	519,861	872,768	519,870	872,690
27	520,556	870,119	520,552	870,136	520,554	870,121
26/3	523,232	861,174	523,230	861,168	523,232	861,170
26/1	525,498	850,588	525,490	850,621	525,490	850,590

На дослідному полігоні здійснено вимірювання відстаней між марками. Таким чином, після опрацювання матеріалів одержали 3 масиви визначених віддалей у результаті виконання трьох видів знімання (рис. 2.26).

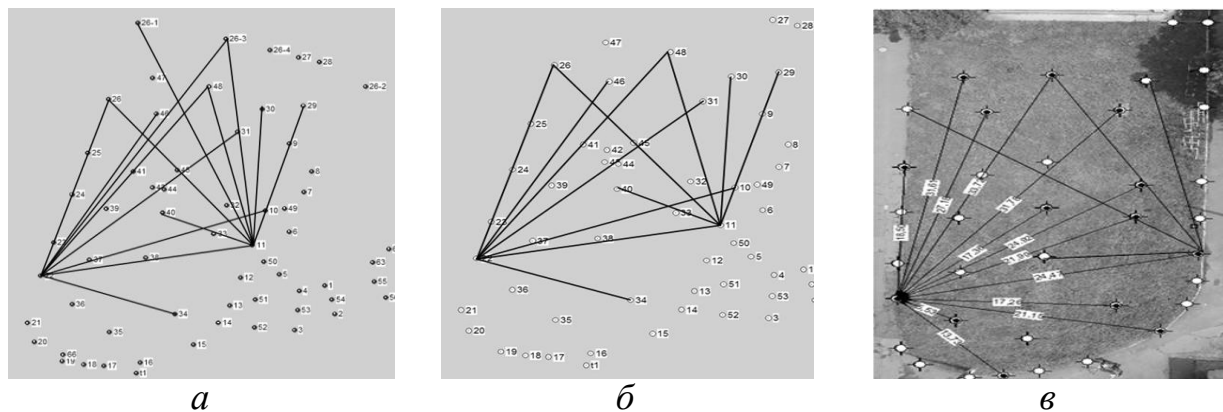


Рис. 2.26. Фрагменти робочих вікон програми Delta Digital: а – тахеометричне знімання; б – GNSS-знімання; в – аерознімання

У таблиці 2.14 наведено віддалі, виміряні на дослідному полігоні в результаті виконання тахеометричного знімання, GNSS-знімання, аерознімання з БПЛА та вимірювання металевою рулеткою, а також обчислено кути нахилу аерознімка.

Таблиця 2.14

### Результати опрацювання досліджень на дослідному полігоні

Назва лінії	Довжини ліній, м				Кут нахилу аерознімка
	Метод вимірювання віддалей				
	Тахеометричне знімання	GNSS-знімання	Аерознімання з БПЛА	Металева рулетка	
22 - 25	18,570	18,569	18,577	18,573	1,0°
22 - 47	31,569	31,569	31,582	31,562	0,0°
22 - 46	27,253	27,255	27,266	27,261	1,4°
22 - 48	34,228	34,230	34,238	34,225	0,0°

Продовж. табл. 2.14

22 - 31	31,879	31,879	31,892	31,886	1,2 <sup>0</sup>
22 - 40	17,630	17,630	17,638	17,628	0,0 <sup>0</sup>
22 - 32	25,132	25,132	25,142	25,151	2,2 <sup>0</sup>
22 - 33	22,215	22,211	22,221	22,23	2,1 <sup>0</sup>
22 - 12	24,558	24,560	24,568	24,561	0,9 <sup>0</sup>
22 - 34	17,392	17,392	17,398	17,390	0,0 <sup>0</sup>
22 - 15	21,271	21,271	21,279	21,275	1,1 <sup>0</sup>
22 - 18	13,765	13,765	13,770	13,762	0,0 <sup>0</sup>
22 - 30	36,351	36,351	36,363	36,361	1,3 <sup>0</sup>
22 - 9	36,115	36,115	36,126	36,120	1,0 <sup>0</sup>
22 - 10	29,231	29,231	29,245	29,240	1,4 <sup>0</sup>
22 - 11	26,512	26,512	26,524	26,521	1,5 <sup>0</sup>
22 - 13	23,711	23,711	23,721	23,711	0,0 <sup>0</sup>
22 - 14	22,949	22,949	22,959	22,954	1,2 <sup>0</sup>
22 - 16	17,444	17,444	17,452	17,441	0,0 <sup>0</sup>
22 - 29	40,643	40,643	40,657	40,650	1,1 <sup>0</sup>
22 - 20	9,490	9,488	9,492	9,488	0,0 <sup>0</sup>
22 - 24	12,345	12,345	12,350	12,348	1,3 <sup>0</sup>
22 - 26	26,749	26,749	26,758	26,753	1,0 <sup>0</sup>
22 - 39	12,525	12,525	12,529	12,525	0,0 <sup>0</sup>
22 -(26/3)	41,011	41,011	41,024	41,015	0,8 <sup>0</sup>
22 - (26/1)	38,351	38,351	38,363	38,354	0,7 <sup>0</sup>
22 - 17	15,078	15,078	15,085	15,081	1,1 <sup>0</sup>
11 - (26/3)	29,887	29,892	29,900	29,881	0,0 <sup>0</sup>
11 - (26/1)	34,982	34,988	34,997	34,991	1,3 <sup>0</sup>
11 - 30	19,605	19,605	19,613	19,609	1,2 <sup>0</sup>
11 - 31	16,403	16,403	16,410	16,401	0,0 <sup>0</sup>
11 - 48	23,397	23,397	23,407	23,400	0,9 <sup>0</sup>
11 - 34	13,765	13,765	13,771	13,762	0,0 <sup>0</sup>
11 - 29	21,113	21,118	21,123	21,120	1,5 <sup>0</sup>
11 - 38	13,276	13,276	13,282	13,287	2,3 <sup>0</sup>
11 - 40	12,084	12,084	12,089	12,095	2,4 <sup>0</sup>
11 - 47	26,983	26,983	26,996	27,001	2,1 <sup>0</sup>
11 - 44	13,551	13,551	13,556	13,560	2,1 <sup>0</sup>

Оскільки, визначені кути нахилу (табл. 2.14) менші 3°, це дає підставу стверджувати, що паспортні характеристики БПЛА (наявність гіроскопа) забезпечують отримання планового аерознімку із центральною проекцією.

У випадку коли аерознімок горизонтальний, а дорога з нахилом, тоді віддаль між точками на ортофотоплані ( $AB$ ) визначається програмою на веб-порталі «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» з формули

$$AB = \frac{2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha}{2} \right)}{k \cdot \cos \beta} \quad (2.2)$$

де  $H$  – висота, на якій виконується реєстрація аварії квадрокоптером;  $\alpha$  – кут поля зору камери БПЛА;  $k$  – коефіцієнт відношення сторін аерознімка;  $\beta$  – нахил дороги у місці ДТП, який вимірюється ухиломіром.

Для порівняння точності вимірних віддалей виконаних знімків було обчислено оцінку точності за різницею подвійних різноточних вимірів.

### 2.3.2. Оцінка точності за різницею подвійних різноточних вимірів

У практиці геодезичних вимірів кожен величину вимірюють незалежно не менше двох разів, оскільки один вимір безконтрольний. Наприклад, лінії вимірюють двічі – у прямому і зворотному напрямку, при геометричному нівелюванні перевищення на станції визначають по чорній і червоній сторонах рейки, тригонометричному нівелюванні та нівелюванні II і III класу перевищення визначається в прямому і зворотному напрямку. Такого роду пари вимірювань отримали назву подвійних вимірювань [75].

Аналіз наявних випадків подвійних різноточних вимірів [76] показав, що трапляється такий випадок, коли подвійні виміри між собою – рівноточні, а у кожній парі – різноточні, тобто якщо значення тих самих величин одержано різними за точністю приладами.

У літературі [77–79] указано, що у кожній парі подвійних різноточних вимірів має місце різниця

$$d_i = x_i - x'_i, (i = 1, 2, \dots, n), \quad (2.3)$$

де  $x_i, x'_i$  – результати двох вимірювань одного і того ж об'єкта.

Разом з тим, сукупності різниць  $d_i$  при достатньо великій їх кількості дають можливість оцінювати точність вимірів, а в ряді випадків виявляти систематичні похибки.

Зазначимо відразу, що з п'яти розглянутих чинників, різниці  $d_i$  залежать від виконавця, приладу, методу вимірювання і зовсім не залежать від об'єкта вимірювання. Тому в деяких випадках оцінка точності за різницями подвійних вимірів може виявитися завищеною, тому що не враховує похибки центрування приладів при вимірюванні горизонтальних кутів, осідання закріплених пунктів і інші зовнішні фактори. З цієї причини оцінку точності за різницями подвійних вимірів іноді називають оцінкою точності з внутрішньою збіжністю.

Якщо різниці подвійних вимірів  $d_i$  отримано за нерівноточними вимірами  $x_i$ , але попарно рівноточними, тобто  $p_{x_i} = p'_{x_i}$ , тоді маємо вагу різниць, яка знаходиться за формулою

$$\frac{1}{p_{d_i}} = \frac{1}{p_{x_i}} + \frac{1}{p'_{x_i}} = \frac{2}{p_{x_i}} \text{ і } p_{d_i} = \frac{p_{x_i}}{2} = \frac{p_i}{2}. \quad (2.4)$$

Задля дослідження постійної систематичної похибки виконано нерівність

$$|[p_d d]| \leq 2,5 \frac{[|p_d d|]}{\sqrt{[p_d]}}. \quad (2.5)$$

Результати обчислення критерію (2.3) за даними табл. 2.16 представлено у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15

**Результати обчислення критерію (2.4)**

Варіанти порівняння видів знімання	Критерій $  [p_d d]   \leq 2,5 \frac{[p_d d]}{\sqrt{[p_d]}}$ .
Тахеометричне знімання – БПЛА	$769,35 \geq 2,5 \cdot 769,35/\sqrt{76}$
GNSS-знімання – БПЛА	$727,29 \geq 2,5 \cdot 727,29/\sqrt{76}$
БПЛА – металева рулетка	$440,927 \geq 2,5 \cdot 440,927/\sqrt{76}$

Із результатів обчислення видно, що нерівності не виконуються, тому для аналізу параметрів оцінки точності використано поданий нижче алгоритм.

У випадку, коли різниця  $d_i$  містить систематичну похибку, обчислення виконувались за формулою

$$\theta = \frac{[pd]}{[p]}, \quad (2.6)$$

для знаходження помилки одиниці ваги застосовувалася формула

$$\mu = \sqrt{\frac{[d'^2 p]}{2(n-1)}}, \quad (2.7)$$

а середні квадратичні похибки середніх значень  $x_{i \text{ cp}} = \frac{x_i + x'_i}{2}$  розраховувались за формулою

$$m_{(x_i) \text{ cp}} = \frac{\mu}{\sqrt{2p_i}}. \quad (2.8)$$

Узагальнені дані оцінки точності визначення віддалей із аерознімання відносно результатів тахеометричного знімання, GNSS-знімання та знімання методом рулетки представлено в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16

**Узагальнені результати оцінки точності**

Вихідне знімання	Систематична похибка ( $\theta$ )	Похибка одиниці ваги ( $\mu$ )
Тахеометричне знімання	$\pm 10,1$ мм	$\pm 14,0$ мм
GNSS-знімання	$\pm 9,6$ мм	$\pm 14,6$ мм
Металева рулетка	$\pm 5,8$ мм	$\pm 19,1$ мм

Результати оцінки точності виконаних знімань наведено у таблицях 2.17 – 2.19.

Результати оцінки точності визначення віддалей, обчислених за координатами виконаних знімань, показали, що віддалі отримано з відносними похибками, меншими ніж 1:2000, отже, використання БПЛА є обґрунтованим для знімання невеликих за протяжністю територій.

За одержаними результатами побудовано математичні моделі апроксимації залежностей різниць між довжинами відрізків виконаних знімань від довжини,

середніх квадратичних похибок вимірювання довжин від різниць між довжинами віддалей різних видів знімань, середніх квадратичних похибок вимірюваних довжин від вимірюваних віддалей, які представлено на рис. 2.27 – 2.29.

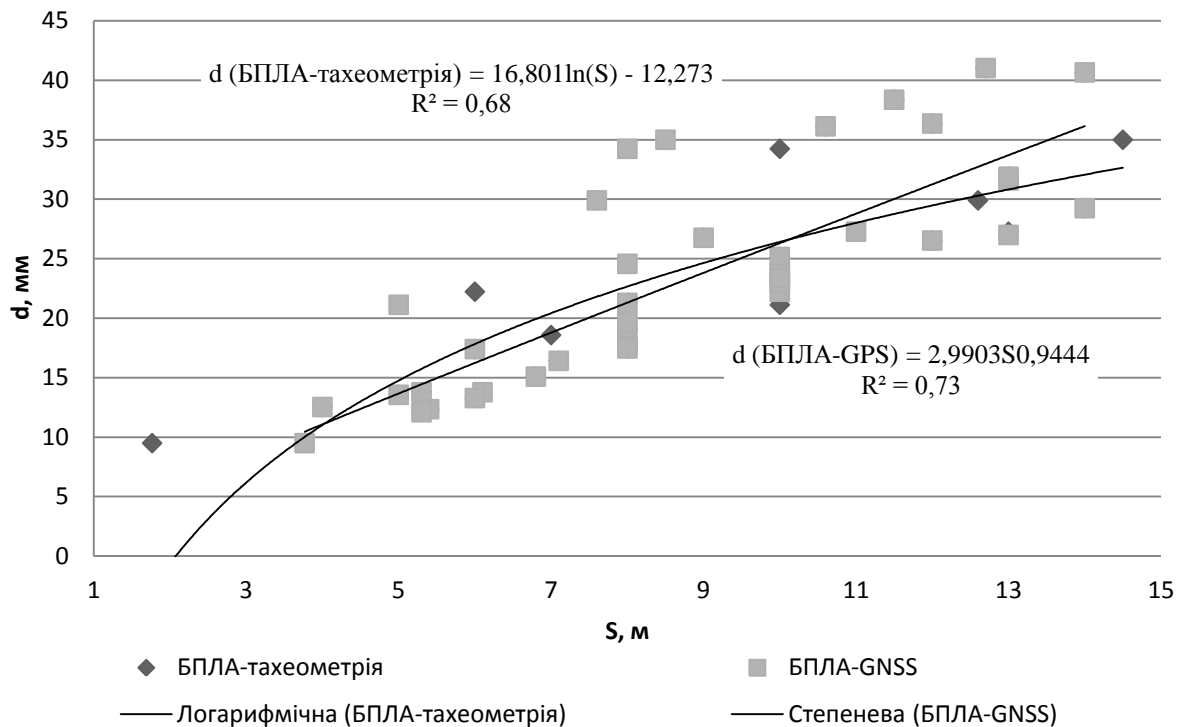


Рис. 2.27. Залежність різниць між довжинами відрізків виконаних знімань від ДОВЖИНИ

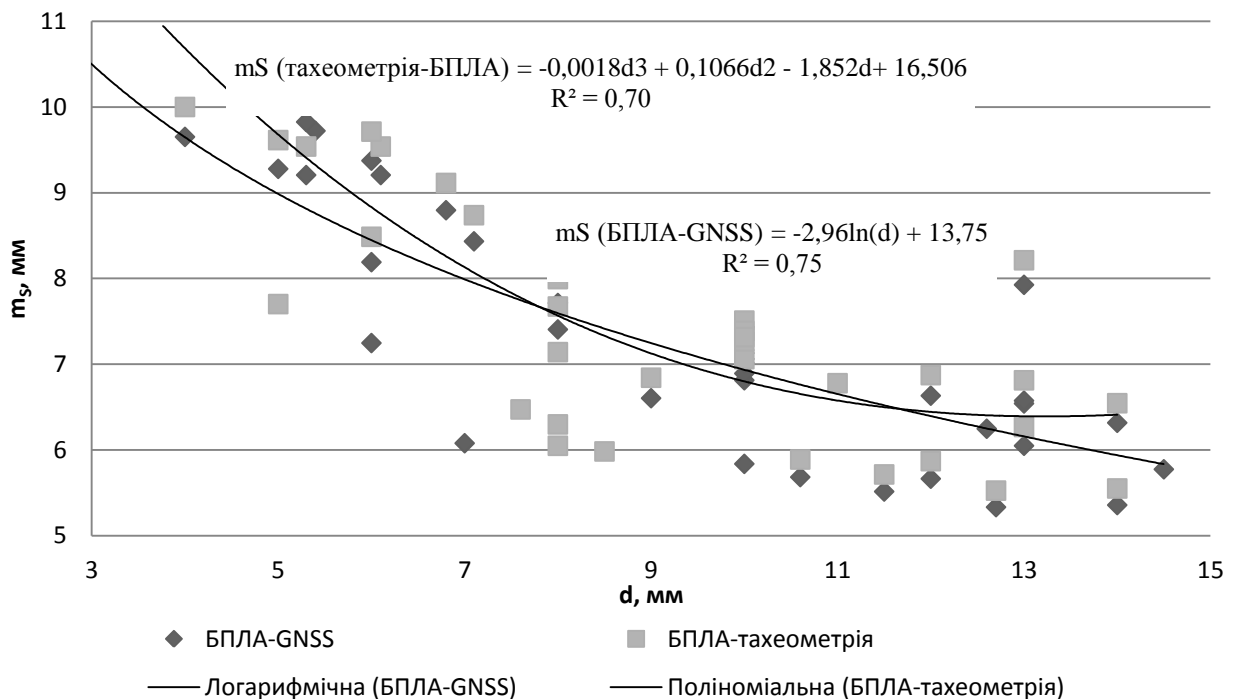


Рис. 2.28. Залежність середніх квадратичних похибок вимірювання довжин від різниць між довжинами віддалей різних видів знімань

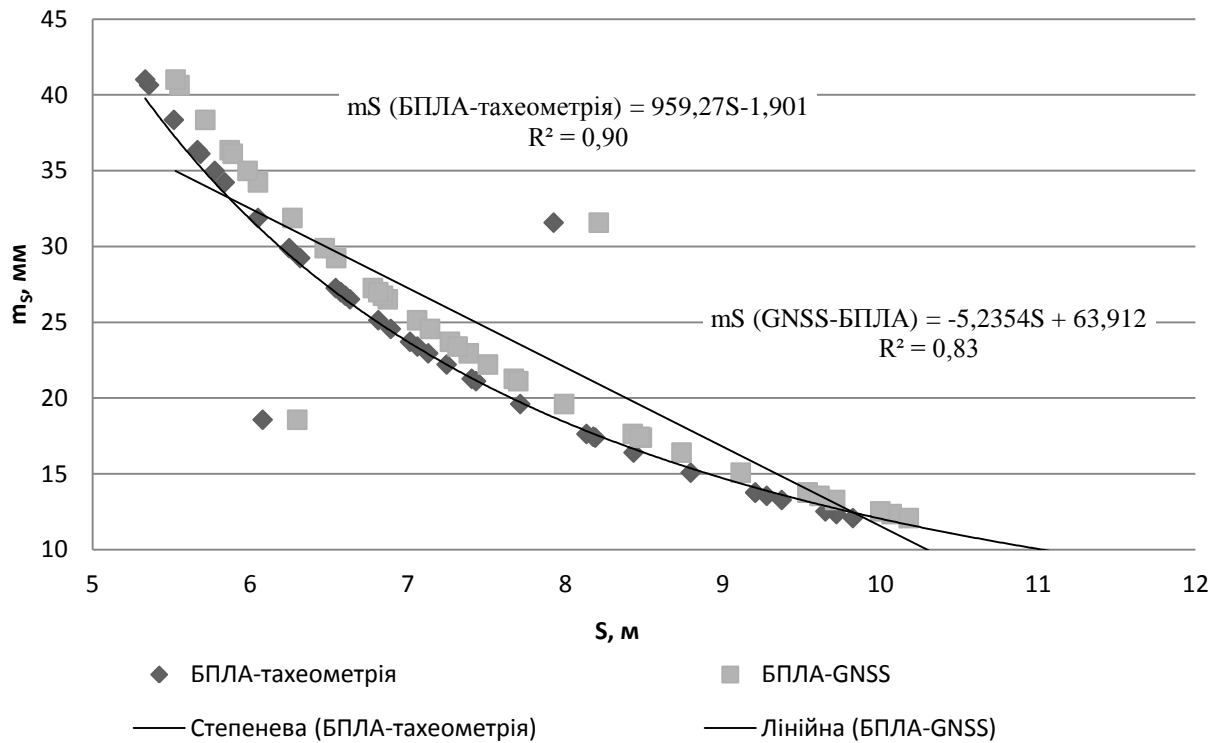


Рис. 2.29. Залежність середніх квадратичних похибок виміряних довжин від виміряних віддалей

Із побудованих графіків залежностей бачимо, що коефіцієнти регресії варіюють у межах 0,68 – 0,90, отже, зв'язок між змінними – сильний, а рівняння регресії є достовірними.

Таблиця 2.17

**Результати оцінки точності визначення віддалей, обчислених за координатами тахеометричного знімання й цифрового аерознімання**

№ лінії	Довжина лінії S, м		d, мм	d <sup>2</sup>	P	pd	d'	d' <sup>2</sup>	pd' <sup>2</sup>	m	Знаменник відносної похибки
	Тахеометрія	БПЛА									
22-25	18,573	18,577	4	16	2,67	10,68	-19,66	386,61	1031,80	7,36	4600
22 – 47	31,569	31,582	13	169	1,57	20,41	-10,66	113,69	178,49	9,60	2400
22 – 46	27,258	27,266	8	64	2,30	18,43	-15,66	245,31	565,26	7,92	3400
22 – 48	34,231	34,238	7	49	2,89	20,26	-16,66	277,64	803,36	7,07	4900
22 – 31	31,879	31,892	13	161	2,70	34,18	-10,98	120,59	324,99	7,33	2500
22 – 40	17,633	17,638	5	25	1,49	7,45	-18,66	348,29	519,15	9,85	3500
22 – 32	25,132	25,142	10	100	2,12	21,25	-13,66	186,66	396,59	8,25	2500
22 – 33	22,213	22,221	8	64	1,88	15,02	-15,66	245,31	460,65	8,78	2800
22 – 12	24,672	24,677	5	25	2,09	10,43	-18,66	348,29	726,37	8,33	4900
22 – 34	17,392	17,398	6	36	1,47	8,82	-17,66	311,96	458,67	9,92	2900
22 – 15	21,271	21,278	7	49	1,80	12,59	-16,66	277,64	499,24	8,97	3000
22 – 18	13,765	13,767	2	4	1,16	2,33	-21,66	469,26	546,00	11,15	6900
22 – 30	36,351	36,356	5	25	3,07	15,36	-18,66	348,29	1070,17	6,86	7300
22 – 9	36,115	36,126	11	121	3,05	33,58	-12,66	160,34	489,51	6,88	3300
22 – 10	29,231	29,239	8	64	2,47	19,77	-15,66	245,31	606,17	7,65	3700
22 – 11	26,512	26,516	4	16	2,24	8,96	-19,66	386,61	866,40	8,04	6600
22 - 13	23,711	23,716	5	25	2,00	10,02	-18,66	348,29	698,08	8,50	4700
22 - 14	22,949	22,955	6	36	1,94	11,64	-17,66	311,96	605,19	8,64	3800
22 - 16	17,444	17,446	2	3	1,47	2,57	-21,92	480,38	708,33	9,91	9900
22 - 29	40,643	40,649	6	36	3,44	20,61	-17,66	311,96	1071,74	6,49	6800
22 - 20	9,492	9,495	3	9	0,80	2,41	-20,66	426,94	342,58	13,43	3200
22 - 24	12,345	12,351	6	36	1,04	6,26	-17,66	311,96	325,59	11,77	2100

Продовж. табл. 2.17

22 - 26	26,749	26,759	10	100	2,26	22,61	-13,66	186,66	422,10	8,00	2700
22 - 39	12,525	12,529	4	16	1,06	4,24	-19,66	386,61	409,35	11,69	3100
22 - (26/3)	41,015	41,028	13	178	3,47	46,32	-10,30	106,15	368,03	6,46	3100
22 - (26/1)	38,251	38,257	6	36	3,23	19,40	-17,66	311,96	1008,67	6,69	6400
22 - 17	15,078	15,082	4	16	1,27	5,10	-19,66	386,61	492,77	10,66	3800
11 - (26/3)	29,887	29,901	14	196	2,53	35,37	-9,66	93,38	235,94	7,57	2100
11 - (26/1)	34,982	34,989	7	49	2,96	20,70	-16,66	277,64	820,98	7,00	5000
11 - 30	19,605	19,608	3	9	1,66	4,95	-20,68	427,50	708,45	9,34	6600
11 - 31	16,403	16,407	4	16	1,39	5,55	-19,66	386,61	536,07	10,22	4100
11 - 48	23,397	23,407	10	100	1,98	19,78	-13,66	186,66	369,21	8,55	2300
11 - 34	13,765	13,771	6	36	1,16	6,98	-17,66	311,96	363,03	11,15	2300
11 - 29	21,113	21,121	8	64	1,78	14,28	-15,66	245,31	437,85	9,00	2600
11 - 38	13,276	13,282	6	36	1,12	6,73	-17,66	311,96	350,14	11,35	2200
11 - 40	12,084	12,090	6	36	1,02	6,13	-17,66	311,96	318,71	11,90	2000
11 - 47	26,983	26,987	4	16	2,28	9,12	-19,66	386,61	881,79	7,97	6700
11 - 44	13,551	13,556	5	25	1,15	5,73	-18,66	348,29	398,99	11,24	2700
$\Sigma$	899,05	899,30	254	2062	76	546,02	-645,40		21416,38		

Таблиця 2.18

**Результати оцінки точності визначення віддалей, обчислених за координатами GNSS-знімання та цифрового аерознімання**

№ лінії	Довжина лінії S, м		d, мм	d <sup>2</sup>	p	pd	d'	d' <sup>2</sup>	pd' <sup>2</sup>	m	Знаменник відносної похибки
	GNSS-знімання	БПЛА									
22-25	18,569	18,577	8	64	2,67	21,35	-15,66	245,33	654,73	6,30	2300
22 - 47	31,569	31,582	13	169	1,57	20,41	-10,66	113,70	178,49	8,21	2400
22 - 46	27,255	27,266	11	121	2,30	25,34	-12,66	160,35	369,46	6,78	2500
22 - 48	34,230	34,238	8	64	2,89	23,15	-15,66	245,33	709,85	6,05	4300

Продовж. табл. 2.18

22 - 31	31,879	31,892	13	169	2,69	35,03	-10,66	113,70	306,42	6,27	2500
22 - 40	17,630	17,638	8	64	1,49	11,92	-15,66	245,33	365,65	8,43	2200
22 - 32	25,132	25,142	10	100	2,12	21,25	-13,66	186,68	396,61	7,06	2500
22 - 33	22,211	22,221	10	100	1,88	18,78	-13,66	186,68	350,53	7,51	2200
22 - 12	24,560	24,568	8	64	2,08	16,61	-15,66	245,33	509,34	7,14	3100
22 - 34	17,392	17,398	6	36	1,47	8,82	-17,66	311,98	458,68	8,49	2900
22 - 15	21,271	21,279	8	64	1,80	14,39	-15,66	245,33	441,14	7,67	2700
22 - 18	13,765	13,770	5	28	1,16	6,17	-18,36	337,20	392,38	9,54	2600
22 - 30	36,351	36,363	12	144	3,07	36,87	-11,66	136,03	417,99	5,87	3000
22 - 9	36,115	36,126	11	112	3,05	32,36	-13,06	170,64	520,95	5,89	3400
22 - 10	29,231	29,245	14	196	2,47	34,60	-9,66	93,37	230,75	6,55	2100
22 - 11	26,512	26,524	12	144	2,24	26,90	-11,66	136,03	304,88	6,87	2200
22 - 13	23,711	23,721	10	100	2,00	20,04	-13,66	186,68	374,19	7,27	2400
22 - 14	22,949	22,959	10	100	1,94	19,40	-13,66	186,68	362,17	7,39	2300
22 - 16	17,444	17,452	8	64	1,47	11,80	-15,66	245,33	361,79	8,47	2200
22 - 29	40,643	40,657	14	196	3,44	48,10	-9,66	93,37	320,81	5,55	2900
22 - 20	9,488	9,492	4	14	0,80	3,02	-19,90	395,88	317,53	11,49	2500
22 - 24	12,345	12,350	5	29	1,04	5,64	-18,26	333,54	348,09	10,07	2200
22 - 26	26,749	26,758	9	81	2,26	20,35	-14,66	215,00	486,17	6,84	3000
22 - 39	12,525	12,529	4	16	1,06	4,24	-19,66	386,63	409,36	10,00	3100
22 -(26/3)	41,011	41,024	13	161	3,47	44,03	-10,96	120,19	416,67	5,53	3200
22 - (26/1)	38,351	38,363	12	132	3,24	37,28	-12,16	147,94	479,61	5,71	3300
22 - 17	15,078	15,085	7	46	1,27	8,67	-16,86	284,36	362,47	9,11	2200
11 - (26/3)	29,892	29,900	8	58	2,53	19,20	-16,06	258,02	651,97	6,47	3900
11 - (26/1)	34,988	34,997	9	72	2,96	25,14	-15,16	229,92	679,99	5,98	4100
11 - 30	19,605	19,613	8	64	1,66	13,26	-15,66	245,33	406,60	7,99	2500

Продовж. табл. 2.18

11 - 31	16,403	16,410	7	50	1,39	9,85	-16,56	274,33	380,41	8,74	2300
11 - 48	23,397	23,407	10	100	1,98	19,78	-13,66	186,68	369,24	7,32	2300
11 - 34	13,765	13,771	6	37	1,16	7,10	-17,56	308,46	358,95	9,54	2300
11 - 29	21,118	21,123	5	25	1,79	8,93	-18,66	348,31	621,77	7,70	4200
11 - 38	13,276	13,282	6	36	1,12	6,73	-17,66	311,98	350,15	9,71	2200
11 - 40	12,084	12,089	5	28	1,02	5,41	-18,36	337,20	344,47	10,18	2300
11 - 47	26,983	26,996	13	169	2,28	29,66	-10,66	113,70	259,37	6,81	2100
11 - 44	13,551	13,556	5	25	1,15	5,73	-18,66	348,31	399,00	9,61	2700
$\Sigma$	899,028	899,36	334	3244	76	727,29	-565,53		15668,62		

Таблиця 2.19

**Результати оцінки точності визначення віддалей, обчислених за координатами цифрового аерознімання та вимірянних металевую рулеткою**

№ лінії	Довжина лінії S, м		d, мм	d <sup>2</sup>	p	pd	d'	d' <sup>2</sup>	pd' <sup>2</sup>	m	Знаменник відносної похибки
	рулетка	БПЛА									
22-25	18,573	18,577	4	16	2,67	10,67	-19,66	386,71	1031,84	8,43	4600
22 - 47	31,562	31,582	20	400	1,57	31,40	-3,66	13,43	21,09	10,99	1600
22 - 46	27,261	27,266	5	25	2,30	11,52	-18,66	348,38	802,71	9,07	5500
22 - 48	34,225	34,238	13	169	2,89	37,61	-10,66	113,74	329,05	8,10	2600
22 - 31	31,886	31,892	6	36	2,70	16,17	-17,66	312,05	840,99	8,39	5300
22 - 40	17,628	17,638	10	100	1,49	14,90	-13,66	186,73	278,27	11,28	1800
22 - 32	25,151	25,142	-9	81	2,13	-19,13	-32,66	1067,00	2267,60	9,45	2800
22 - 33	22,230	22,221	-9	81	1,88	-16,91	-32,66	1067,00	2004,19	10,05	2500
22 - 12	24,561	24,568	7	49	2,08	14,53	-16,66	277,72	576,55	9,56	3500
11 - 47	27,001	26,996	-5	25	2,28	-11,41	-28,66	821,68	1874,85	9,12	5400
11 - 44	13,560	13,556	-4	16	1,15	-4,58	-27,66	765,35	876,96	12,87	3400

Продовж. табл. 2.19

22 - 34	17,39	17,398	8	64	1,47	11,76	-15,66	245,39	360,73	11,36	2200
22 - 15	21,275	21,279	4	16	1,80	7,19	-19,66	386,71	695,38	10,27	5300
22 - 18	13,762	13,770	8	69	1,16	9,66	-15,36	236,08	274,66	12,77	1700
22 - 30	36,351	36,363	12	144	3,07	36,87	-11,66	136,07	418,09	7,71	3000
22 - 9	36,120	36,126	6	31	3,05	17,10	-18,06	326,34	996,27	7,88	5500
22 - 10	29,240	29,245	5	25	2,47	12,36	-18,66	348,38	860,98	8,76	5800
22 - 11	26,521	26,524	3	9	2,24	6,72	-20,66	427,04	957,21	9,20	8800
22 - 13	23,711	23,721	10	100	2,00	20,04	-13,66	186,73	374,27	9,73	2400
22 - 14	22,954	22,959	5	25	1,94	9,70	-18,66	348,38	675,90	9,89	4600
22 - 16	17,441	17,452	11	121	1,47	16,22	-12,66	160,40	236,50	11,34	1600
2 - 29	40,650	40,657	7	49	3,44	24,05	-16,66	277,72	954,18	7,43	5800
22 - 20	9,488	9,492	4	14	0,80	3,02	-19,90	395,96	317,57	15,38	2500
22 - 24	12,348	12,350	2	6	1,04	2,50	-21,26	452,20	471,95	13,48	5100
22 - 26	26,753	26,758	5	25	2,26	11,31	-18,66	348,38	787,75	9,16	5400
22 - 39	12,525	12,529	4	16	1,06	4,23	-19,66	386,71	409,41	13,39	3100
22 -(26/3)	41,015	41,024	9	76	3,47	30,16	-14,96	223,95	776,36	7,40	4700
22 - (26/1)	38,354	38,363	9	72	3,24	27,56	-15,16	229,98	745,53	7,65	4500
22 - 17	15,081	15,085	4	14	1,27	4,84	-19,86	394,62	503,02	12,20	4000
11 - (26/3)	29,881	29,900	19	346	2,53	46,99	-5,06	25,65	64,80	8,67	1600
11 - (26/1)	34,991	34,997	6	30	2,96	16,27	-18,16	329,96	975,85	8,01	6400
11 - 30	19,609	19,613	4	16	1,66	6,63	-19,66	386,71	640,93	10,70	4900
11 - 31	16,401	16,410	9	83	1,39	12,62	-14,56	212,14	294,13	11,70	1800
11 - 48	23,400	23,407	7	49	1,98	13,85	-16,66	277,72	549,30	9,79	3300
11 - 34	13,762	13,771	9	83	1,16	10,59	-14,56	212,14	246,81	12,77	1500
11 - 29	21,120	21,123	3	9	1,79	5,36	-20,66	427,04	762,29	10,31	7000
11 - 38	13,287	13,282	-5	25	1,12	-5,61	-28,66	821,68	922,51	13,00	2700
11 - 40	12,095	12,089	-6	32	1,02	-5,83	-29,36	862,30	881,22	13,63	2100
Σ	899,173	899,36	189	2408	76	410,20	-710,60		28082,01		

### 2.3.3. Статистична оцінка ряду виміряних різноточних віддалей за даними цифрового аерознімання з БПЛА

При конкретних практичних дослідженнях має місце обмежене число реалізації випадкової величини  $S$ , яке утворює вибірку сукупність (вибірку). По вибірці можна виконати оцінку відповідних статистичних характеристик генеральної сукупності [80].

Нормальний закон виникає тоді, коли окремі можливі значення випадкових величин можна розглянути як сумарний ефект впливу багатьох відомих і невідомих нам випадкових і другорядних (не основних) причин, кожна з яких незалежно від інших спричиняє появу в результаті одного спостереження даної випадкової величини дуже малої елементарної похибки. У сумарному ефекті вони обумовлюють коливання результатів багатьох спостережень випадкових величин біля деякого середнього її значення (математичного сподівання). Оскільки усі ці випадкові величини з більшою або меншою мірою наближення підпорядковуються нормальному закону, то виникає необхідність дослідження рядів величин вимірювань на випадковість [81].

На тестовому дослідному полігоні – ділянці місцевості невеликої площі на території Криворізького національного університету – виконано знімання за допомогою безпілотного апарата DJI PHANTOM Professional [82]. Нижче наводяться результати опрацювання виміряних віддалей на ортофотоплані, які представлено простим статистичним рядом у таблиці 2.20, 2.21.

Таблиця 2.20

#### Виміряні віддалі між марками 22 – 46

$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$
1	27,256	6	27,256	11	27,260	16	27,258	21	27,262	26	27,262	31	27,256
2	27,260	7	27,257	12	27,261	17	27,263	22	27,263	27	27,256	32	27,262
3	27,258	8	27,258	13	27,260	18	27,262	23	27,260	28	27,265	33	27,258
4	27,260	9	27,256	14	27,260	19	27,261	24	27,260	29	27,264	34	27,26
5	27,262	10	27,256	15	27,258	20	27,266	25	27,258	30	27,259	35	27,258

Таблиця 2.21

#### Виміряні віддалі між марками 22 – 29

$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$	$i$	$S_{i,M}$
1	40,657	6	40,655	11	40,654	16	40,657	21	40,656	26	40,658	31	40,656
2	40,659	7	40,658	12	40,655	17	40,659	22	40,655	27	40,657	32	40,655
3	40,657	8	40,658	13	40,656	18	40,658	23	40,657	28	40,657	33	40,655
4	40,659	9	40,657	14	40,658	19	40,656	24	40,652	29	40,656	34	40,657
5	40,655	10	40,656	15	40,657	20	40,656	25	40,658	30	40,656	35	40,656

Весь діапазон змінення випадкової величини  $[S_{min}, S_{max}]$  поділено на  $k$  інтервалів, де  $k$  розраховано за наведеною нижче формулою

$$k=1+3,2 \lg n. \quad (2.9)$$

Довжину всіх отриманих інтервалів обчислено за формулою

$$\Delta=(S_{max} - S_{min})/k. \quad (2.10)$$

Відносна частота (статистична ймовірність) події  $P_i$  знаходиться за формулою 2.11, для якої розраховано кількість спроб реалізації випадкових величин  $m_i$ , які потрапили в  $i$ -й інтервал (табл. 2.22, 2.23)

$$P_i = m_i / n. \quad (2.11)$$

Таблиця 2.22

**Статистичний ряд виміряних віддалей між марками 22 – 46 із розбиттям за інтервалами**

$S$	[27,256; 27,258)	[27,258; 27,259)	[27,259; 27,261)	[27,261; 27,263)	[27,263; 27,264)	[27,264; 27,266]
$m_i$	10,5	4,0	9,5	7,0	1,5	2,5
$P_i$	0,300	0,114	0,271	0,200	0,040	0,071

Таблиця 2.23

**Статистичний ряд виміряних віддалей між марками 22 – 29 із розбиттям за інтервалами**

$S$	[40,652; 40,653)	[40,653; 40,654)	[40,654; 40,655)	[40,655; 40,657)	[40,657; 40,658)	[40,658; 40,659]
$m_i$	1,0	0,5	3,5	16,5	7,5	6,0
$P_i$	0,029	0,014	0,100	0,471	0,214	0,171

Побудовано варіаційні ряди у вигляді гістограм, які свідчать про відповідність нормальному закону розподілу (рис. 2.30, 2.31).

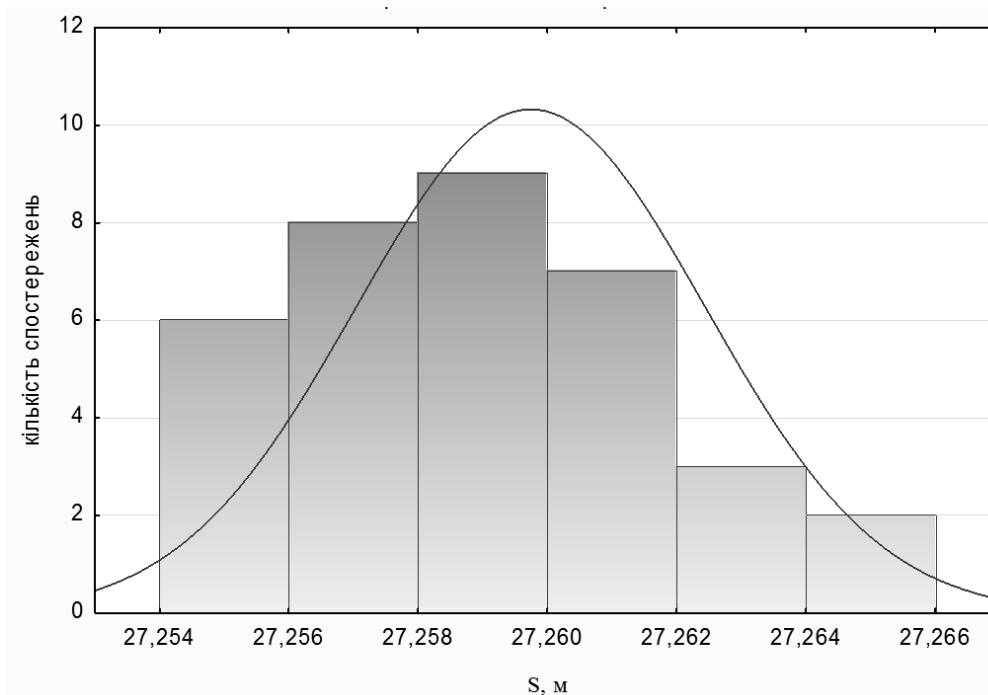


Рис. 2.30. Статистичний ряд віддалі 22 – 46 у вигляді гістограми

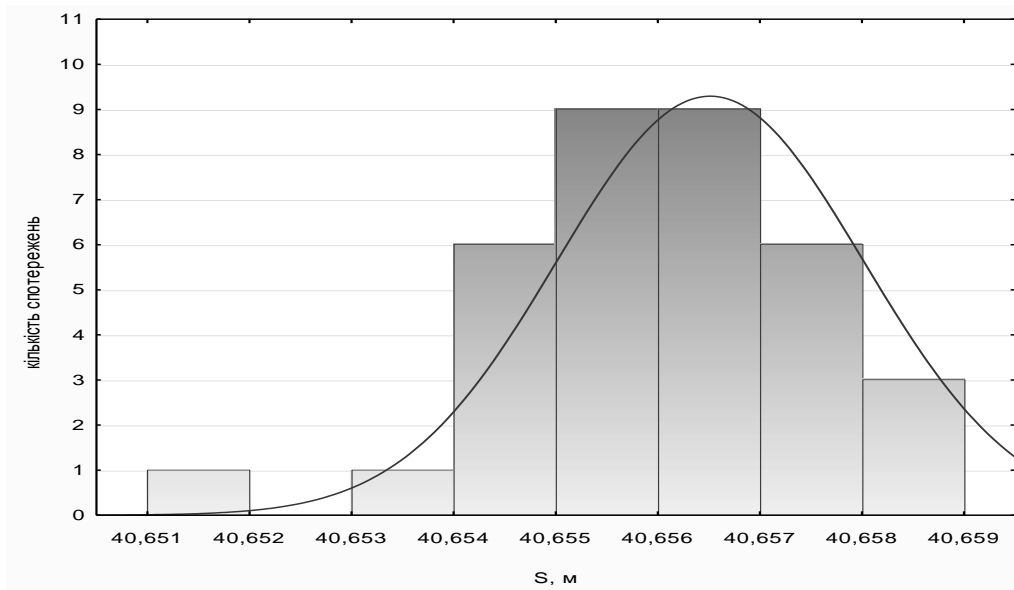


Рис. 2.31. Статистичний ряд віддалі 22 – 29 у вигляді гістограми

За допомогою описової статистики для статистичних рядів знайдено такі показники (табл. 2.24).

Таблиця 2.24

### Показники статистичних рядів

Показники	Назва віддалей	
	22 – 46	22 – 29
середнє значення вимірної віддалі на ортофотоплані з БПЛА ( $\bar{X}$ ), м	27,259	40,656
медіана ( $M_e$ ), м	27,260	40,657
асиметрія ( $A_x$ )	0,341	-0,581
стандартна похибка асиметрії	0,403	0,398
ексцес ( $E_x$ )	-0,421	1,067
стандартна похибка ексцесу	0,788	0,778

За побудованими статистичними рядами незміщені оцінки математичного сподівання і дисперсія обчислено за такими формулами

$$\tilde{m}_x(22 - 46) = \sum_{i=1}^k \tilde{x}_i \times p_i^* = 27,257 \times 0,3 + 27,259 \times 0,11 + 27,260 \times 0,27 + 27,262 \times 0,2 + 27,264 \times 0,04 + 27,265 \times 0,07 \approx 27,260. \quad (2.12)$$

$$\tilde{m}_x(22 - 29) = \sum_{i=1}^k \tilde{x}_i \times p_i^* = 40,652 \times 0,029 + 40,653 \times 0,014 + 40,654 \times 0,100 + 40,655 \times 0,471 + 40,657 \times 0,214 + 40,658 \times 0,171 \approx 40,65. \quad (2.13)$$

$$\tilde{\sigma}_x^2(22 - 46) = \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^k (\tilde{x}_i - \tilde{m}_x)^2 p_i^* = \frac{35}{35-1} [5,26 \times 10^{-6}] = 5,42 \times 10^{-6}. \quad (2.14)$$

$$\tilde{\sigma}_x^2(22 - 29) = \frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^k (\tilde{x}_i - \tilde{m}_x)^2 p_i^* = 2,00 \times 10^{-6}, \quad (2.15)$$

де  $\tilde{x}_i = \frac{x_{i+1} + x_i}{2}$  – координата середини  $i$ -го інтервалу.

Тоді:  $\tilde{\sigma}_x(22 - 46) = \sqrt{5,42 \times 10^{-6}} = 0,0023$ ;  $\tilde{\sigma}_x(22 - 29) = \sqrt{2,00 \times 10^{-6}} = 0,00141$ .

Попередні розрахунки дозволили побудувати довірчий інтервал:

- для  $\widetilde{m}_x$ :  $v = n - 1 = 35 - 1 = 34$ ;  $\beta = 0,95$ ;  $g = 100 * (1 - 0,95) \% = 5\%$ ;
- при  $t_{кр} = 2,3$ ; тоді  $t_{кр} \times \frac{\widetilde{\sigma}_x}{\sqrt{n}} = 2,3 \times \frac{0,0023}{\sqrt{35}} \approx 0,001$ , інтервал для  $\widetilde{m}_x$  буде  $I_{\beta(22-46)} = (27,260 - 0,001; 27,260 + 0,001) = (27,259; 27,261)$ ;  
 $I_{\beta(22-29)} = (40,657 - 0,001; 40,657 + 0,001) = (40,656; 40,658)$ ;
- для  $\widetilde{\sigma}_x^2$ : обчислено  $P_1$  і  $P_2$ ,  $P_1 = 1 - \frac{1}{2} \times \frac{5}{100} = 0,975$ ;  $P_2 = 0,025$ , знайдено  $\chi_1^2 \approx 17,81$ ;  $\chi_2^2 \approx 51,97$ ;  $(n - 1) \times \widetilde{\sigma}_x^2 \approx 34 \times 5,42 \times 10^{-6} \approx 1,84 \times 10^{-4}$ . Тоді  $I_{\beta_{\widetilde{\sigma}_x^2}} \approx (3,4 \times 10^{-6}; 1 \times 10^{-5})$ .

Отримані статистичні ряди відповідають нормальному закону розподілу, а показники (середнє значення вимірної віддалі на ортофотоплані, медіана, асиметрія; стандартна похибка асиметрії, ексцес та стандартна похибка ексцесу) знаходяться у межах допустимого. Запропонована технологія вимірювання віддалей за даними аерознімання відповідає необхідній точності та може використовуватися в геодезичних роботах.

#### 2.4. Технологічна схема реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод із використанням БПЛА з вимогами та змістом етапів

Розроблену технологічну схему реєстрації та картографування ДТП подано на рис. 2.32.

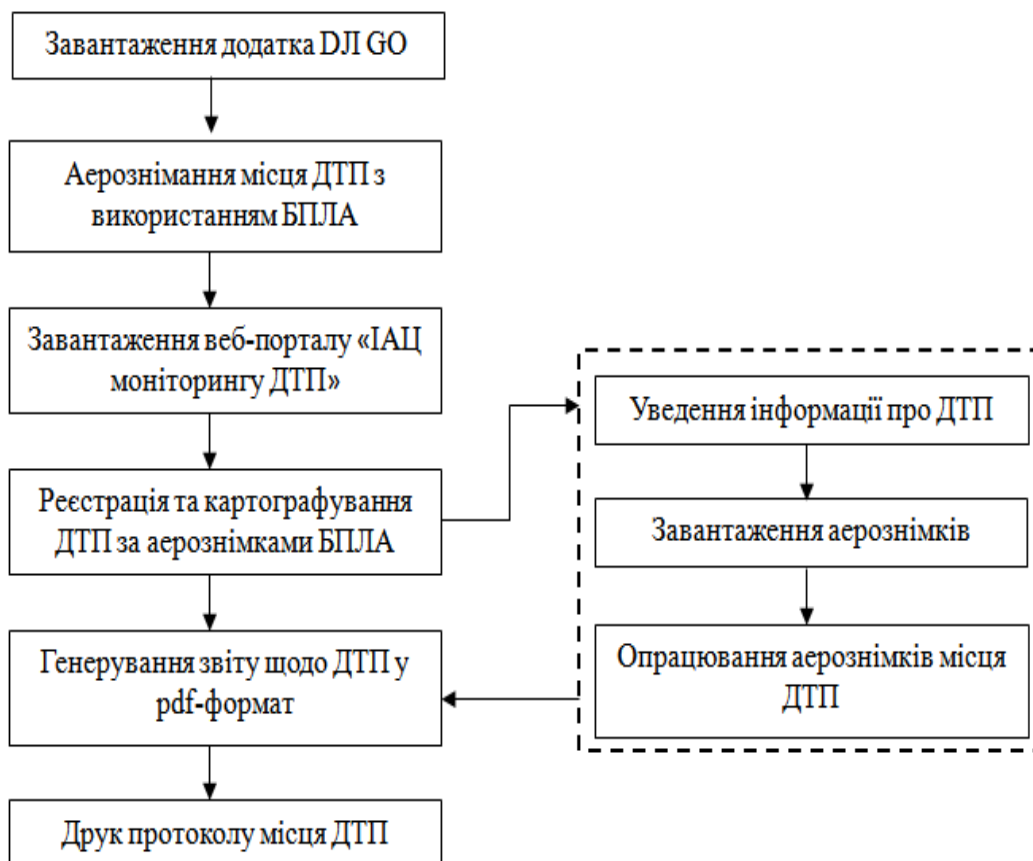


Рис. 2.32. Технологічна схема реєстрації та картографування ДТП

Патрульному поліцейському, який входить до бази відділу патрульної поліції з оформлення ДТП, перш ніж розпочати реєстрацію ДТП, з використанням БПЛА рекомендується:

- 1) пройти навчання на спеціальних курсах із керування БПЛА;
- 2) ознайомитися з технологією реєстрації та картографування ДТП за допомогою БПЛА;
- 3) детально вивчити рекомендації щодо вибору висоти польоту під час реєстрації ДТП та параметрів, які стосуються застосування БПЛА за різних погодних умов.

Машина патрульної поліції повинна бути забезпечена: квадрокоптером із роздільною здатністю камери 4K; планшетом та портативним принтером; папером; ручкою та кабелем USB.

На місці скоєння ДТП здійснюється реєстрація аварії відповідно до запропонованих етапів сценарію дій під час реєстрації ДТП з використанням БПЛА (рис. 2.33).



Рис. 2.33. Етапи реєстрації ДТП із використанням БПЛА

Для того, щоб зареєструвати ДТП та скласти протокол, патрульний повинен опрацювати отримані цифрові матеріали ДТП на комп'ютерному пристрої, який містить завантажений веб-портал або має вихід до Інтернету, зберегти їх у базі геопросторових даних «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» у pdf-форматі та роздруковує документи за допомогою портативного принтера із використанням USB.

Учасникам ДТП надаються роздруковані документи (ортофотоплан, персональні дані учасників ДТП та їх ТЗ, дані патрульного поліцейського, який реєстрував ДТП, причини та наслідки ДТП). Після їх вивчення, якщо немає заперечень з обох сторін, документи підписуються учасниками ДТП та патрульним, який реєстрував ДТП [83].

### 2.4.1. Вибір оптимальної висоти польоту БПЛА при реєстрації ДТП

Дорожньо-транспортна пригода – це пригода, яка виникає в процесі руху по дорозі транспортного засобу і з його участю, коли загинули чи постраждали люди або пошкоджені транспортні засоби, споруди, вантажі або завдано інших матеріальних збитків. Реєстрація ДТП інспекторами за допомогою металевої рулетки не користується попитом у сучасних умовах. У зв'язку з тим, що БПЛА стрімко розвивається у різних галузях суспільства, виникла ідея автоматизувати процес реєстрації ДТП, використовуючи безпілотні літальні апарати.

Для зручного вибору висоти польоту літального апарату над місцем аварії проведено критичний аналіз наявної ширини проїзної смуги.

Смуга руху – поздовжня смуга на проїзній частині завширшки щонайменше 2,75 м, що позначена або не позначена дорожньою розміткою і призначена для руху нерейкованих транспортних засобів.

Автомобільні дороги поділяються на п'ять категорій [35]. Дороги першої категорії, своєю чергою поділяються на 3 підкатегорії: ІА, ІБ, ІВ. Дорога ІА – автомагістраль, ІБ – швидкісна дорога. На дорогах першої та другої категорії ширина смуги руху становить 3,75 м, на третій категорії – 3,50 м, четвертій – 3,00 м. На дорогах п'ятої категорії передбачено одну смугу (іноді дві) руху, ширина якої повинна бути не менше 2,50 м. Допускається зменшувати ширину смуги, призначеної для руху легкових автомобілів до 2,75 м за умови введення необхідних обмежень режиму руху.

Для того, щоб патрульний поліцейський обрав оптимальну висоту польоту літального апарату над місцем ДТП, необхідно дослідити та узагальнити вибір висоти відносно ширини проїзної частини.

На рис. 2.34 наведено схему для обґрунтування вибору висоти картографування ДТП.

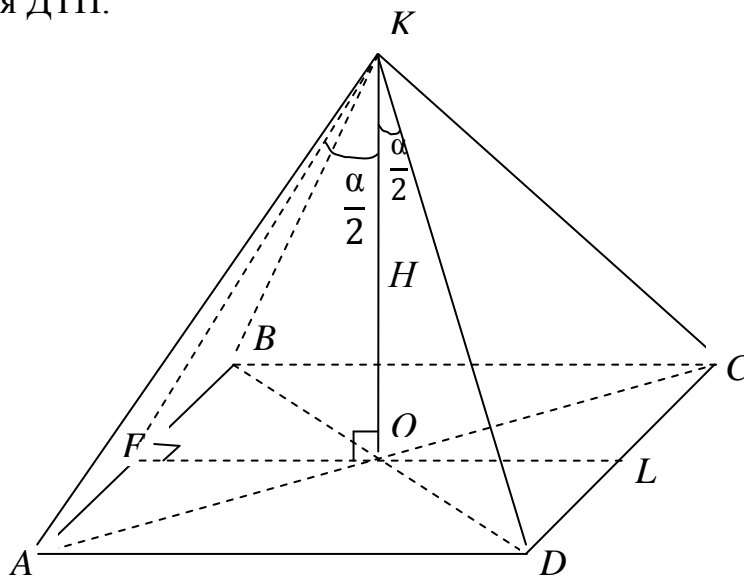


Рис. 2.34. Графічна схема для вибору висоти польоту БПЛА

Нехай в точці  $K$  знаходиться безпілотний апарат над місцем аварії;  $ABCD$  – прямокутна ділянка, яку охоплює камера БПЛА;  $H$  – висота, на якій виконується реєстрація аварії квадрокоптером; точка  $O$  – проекція осі камери БПЛА на площину;  $FL = BC = AD$ .

$AD = BC$  – довжина ділянки, тоді  $AB = CD$  – ширина ділянки. Точка  $F$  – точка падіння перпендикуляра, що опущено з точки проєкції осі камери БПЛА.

Кут  $FOK = BFO = OFA = 90^\circ$ . Виходячи із характеристик камери квадрокоптера DJI Phantom 3, кут поля зору камери БПЛА  $\alpha = 94^\circ$ .

З  $\Delta KOF$ , де кут  $FOK = 90^\circ$  визначаємо довжину відрізка  $FO$

$$FO = H \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (2.16)$$

оскільки  $\frac{FS}{2} = \frac{BC}{2} = \frac{AD}{2}$ , то довжину повної ділянки  $BC$  знаходимо за формулою (2.17)

$$BC = 2 \cdot FO = 2 \cdot H \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right). \quad (2.17)$$

Ширина ділянки визначається за характеристикою вихідного зображення камери БПЛА: відношення сторін на фото 16/9 (довжина  $l_p$  – 4000 pixel, ширина  $w_p$  – 2250 pixel), тобто

$$\frac{BC}{AB} = \frac{l_p}{w_p} = \frac{4000}{2250} = \frac{16}{9} \approx 1,77 = k, \quad (2.18)$$

де  $k$  – коефіцієнт відношення сторін;  $l_p$  – довжина зображення в pixel;  $w_p$  – ширина зображення в pixel.

Виходячи із формули (2.19), ширину ділянки знаходимо за формулою (2.18), а висоту – за (2.20).

$$AB = \frac{BC}{k} = \frac{2 \cdot H \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{1,77}. \quad (2.19)$$

$$H = \frac{AB \cdot 1,77}{2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)}. \quad (2.20)$$

Отримані результати обчисленої висоти узагальнено в таблиці 2.25.

Таблиця 2.25

### Рекомендовані висоти реєстрації ДТП безпілотним апаратом за шириною дороги

Характеристика	Категорія доріг				
	1	2	3	4	5
Ширина смуги руху, м	3,75	3,75	3,50	3,00	–
Кількість смуг руху в обох напрямках	4 і більше	2	2	2	1
Ширина проїзної частини, м	15 і більше	7,50	7,00	6,00	4,50
Ширина узбіччя, м	3,75	3,75	2,5	2,0	1,75
Загальна ширина проїзної частини та узбіччя, м	20,00	12,00	10,00	8,00	7,00
Висота знімання ДТП за допомогою БПЛА, (округлена до цілих) – $H$ , м	17	10	9	7	6

Знаючи площу місця ДТП –  $S$ , можна обчислити також висоту польоту БПЛА під час реєстрації ДТП за формулами

$$H = \sqrt{\frac{S \cdot k}{4 \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)}}, \quad S = \frac{4 \cdot H^2 \cdot \operatorname{tg}^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{k}. \quad (2.21)$$

За обчисленими величинами побудовано графік залежності (рис. 2.35), який використовує інспектор під час уточнення висоти польоту БПЛА.

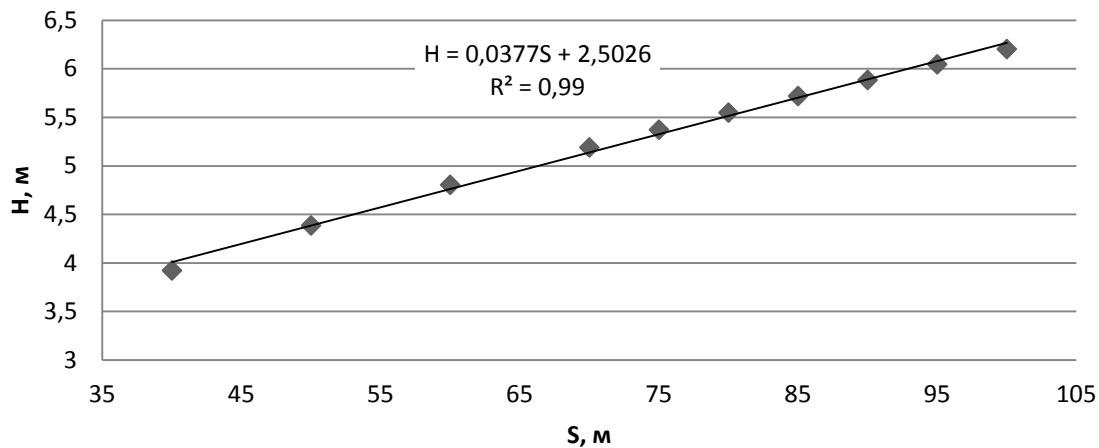


Рис. 2.35. Графік залежності висоти польоту БПЛА від площі території місця ДТП

Одиниці вимірювання довжини, ширини ділянки та площі території, які охоплює літальний апарат, залежать від того, у яких одиницях вимірювання при розрахунках вказано висоту польоту БПЛА над місцем ДТП.

#### 2.4.2. Рекомендації щодо користування безпілотним апаратом за різних погодних умов

Технологія застосування БПЛА дозволяє виконувати цифрове аерознімання місцевості; фото- та відеореєстрацію з невеликих висот подій та об'єктів місцевості для побудови різномасштабних топографічних планів; безпечно використовувати цифрове аерознімання у важкодоступних і небезпечних місцях без ризику для здоров'я персоналу [84]. Всупереч окресленим перевагам аерознімання із застосуванням БПЛА існують проблемні питання, які суттєво впливають на достовірність отриманих матеріалів: низька якість зображення, що виникає внаслідок складних погодних умов, та похибки, які пов'язані з нестабільністю польоту. Отже, необхідно більш детально ознайомитися з метеорологічними умовами, які впливають на аерознімання місцевості із застосуванням БПЛА [85].

Метеорологічні чинники суттєво впливають на зліт, посадку та політ за маршрутом літального апарата: в одних випадках ці впливи сприятливі, в інших – у край небажані. Перед початком здійснення польоту оператору БПЛА необхідно ретельно вивчити фактичні та очікувані значення метеорологічних параметрів.

Як показали численні дослідження [86–90], до найбільш істотних показників, що впливають на нормальне функціонування БПЛА, належать турбулентність атмосфери при польоті в складних метеорологічних умовах і, перш за все, вітрові пульсуючі навантаження, що мають стохастичний характер. Випадкові короточасні переміщення повітряних мас часто виключають можливість отримання достовірної оглядової інформації та ускладнюють процес інтерактивного керування літальним апаратом. Специфічною ознакою турбулентних рухів є стохастичний характер просторово-тимчасових пульсацій параметрів (швидкість, щільність, температура та ін.) [91]. БПЛА легкого класу, що мають значні експлуатаційні переваги в «нормальних» умовах їх застосування, виявляються, як зазначалося раніше, досить чутливими до впливу факторів зовнішнього середовища. Причому мова йде не тільки про умови освітленості, але насамперед про дії факторів «неспокійної» атмосфери, в якій може протікати політ.

Тактично-технічні характеристики перспективних безпілотних апаратів дають можливість застосувати БПЛА при максимальній швидкості вітру 12 м/с низько над землею та 15 м/с на висоті. Ця швидкість вітру дозволяє автоматизувати БПЛА зберігати стійкість апарата в повітрі при різких поривах вітру в режимі автоматичного польоту або дати час на реакцію оператора БПЛА на вирівнювання літального апарата. Мала вага БПЛА не дає літальному апарату достатньої стійкості при сильних поривах вітру, тому обмеження вводяться з урахуванням того, що оператор контактує з БПЛА тільки візуально за допомогою апаратури дистанційного керування, що призводить до збільшення часу реакції оператора у нештатних ситуаціях.

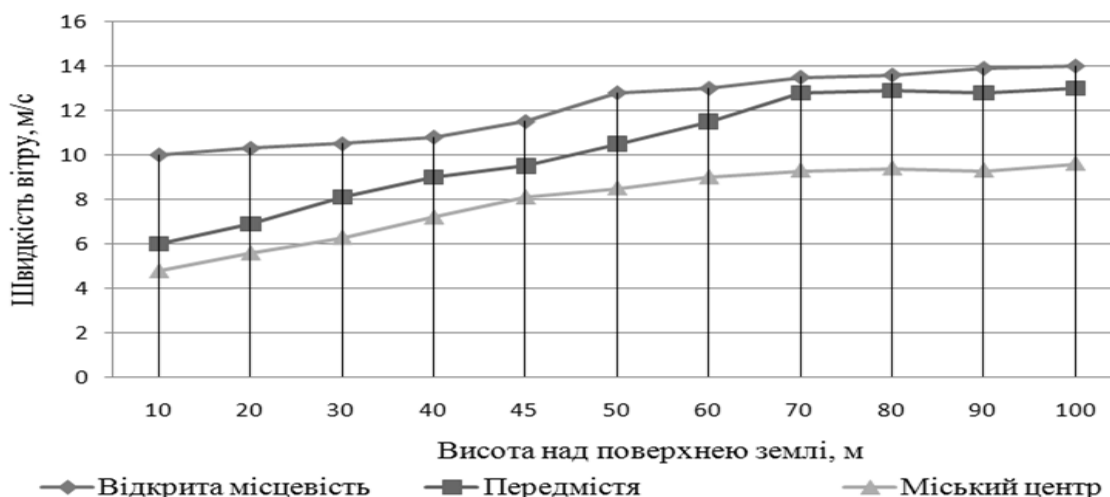


Рис. 2.35. Графік зміни швидкості вітру за висотою польоту БПЛА залежно від типу місцевості

Особливу увагу оператору слід приділити під час керування польотом БПЛА на пограничний шар. Як видно із рис. 2.35, швидкість вітру різко підвищується на висоті 45 м над усіма типами підстилаючої поверхні [92]. Приземний шар також характеризується високою турбулентністю, тому пограничний атмосферний шар суворо обмежений для польотів легкої авіації через високу нестабільність атмосфери.

Таким чином, БПЛА обмежені у користуванні: на малій висоті – прикордонним шаром, на великій – силою вітру, температурою та вологістю [93].

На рис. 2.36 наведено розроблену схему повітряного коридору застосування БПЛА.

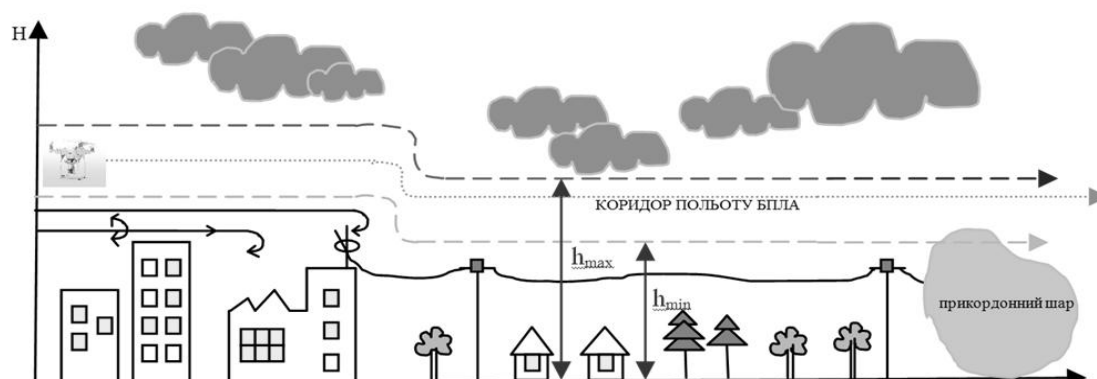


Рис. 2.36. Схема повітряного коридору застосування БПЛА

Із аналізу таблиці 2.26, у якій наведено метеорологічні показники стану погоди на момент виконання аерознімання, які здійснювалися 15 числа кожного місяця 2016 року, видно, що швидкість вітру в приземному шарові змінюється залежно від сезону та температури повітря.

Таблиця 2.26

#### Метеорологічні умови на момент виконання аерознімання

Місяць виконання знімання	Значення метеорологічних показників				
	t° С	вологість повітря, %	тиск, мм	швидкість вітру, м/с	хмарність, %
Січень	-2	65	767	1,8	34
Лютий	+8	93	761	4,6	63
Березень	+2	38	767	4,3	70
Квітень	+15	79	749	5,1	84
Травень	+16	64	751	4,1	52
Червень	+23	74	757	2,3	58
Липень	+34	35	758	2,3	5
Серпень	+23	53	763	4,7	30
Вересень	+18	40	764	4,1	46
Жовтень	+5	64	772	3,0	94
Листопад	+1	76	771	4,0	99
Грудень	-2	67	764	2,5	98

У теплий період повітряні маси достатньо стабільні, у холодний період вони активно переміщуються та зазнають значної трансформації. У ході застосування БПЛА в холодний період необхідно враховувати хмарність на маршруті польоту. При температурі повітря від +5° до -10° влучення БПЛА в зону туману призводить до обмерзання літального апарата, порушення його аеродинамічних, вагових параметрів та до втрати БПЛА. Отже, у 84,3 % календарних днів року малі БПЛА можна застосовувати без яких-небудь обмежень, урахувавши поправку за вітер під час розрахунку довжини маршруту руху, у 12,5 % вірогідність повітряної аварії збільшується, у 3,2 % застосування

БПЛА можливе лише в окремих, у край необхідних випадках або взагалі заборонено.

З практичної точки зору зрозуміло, що у разі виконання усіх необхідних заходів, які спрямовуватимуться на адаптацію конструкції БПЛА до її експлуатації в складних погодних умовах, повинна мати місце деяка межа або, інакше кажучи, граничні умови експлуатації, при яких використання БПЛА є можливим.

Сформульовано основні обмеження у застосуванні БПЛА для картографування ДТП:

1) метеорологічні: вітер більше 12 м/с у приземному шарові та більше 15 м/с на висоті 100 м; низька хмарність; густий туман; гроза; град; сильний дощ (більше 3 мм/год); густий мокрий сніг; сніговий покрив більше 10 см; температура повітря нижча  $-35^{\circ}\text{C}$  та вища  $+40^{\circ}\text{C}$ ;

2) ситуаційні: лісові масиви; великі ділянки, покриті чагарниковою рослинністю; сільськогосподарські поля з високими культурами; райони аеродромів та аеропортів; наявність АЕС; опори високовольтних ліній електропередач на маршруті аерознімання.

### 2.4.3. Оцінювання економічної ефективності застосування технології реєстрації ДТП з використанням БПЛА

Виконане оцінювання економічної ефективності застосування геоінформаційної технології реєстрації та картографування ДТП із використанням БПЛА в порівнянні із використанням для цих цілей технології наземного лазерного сканування та електронних тахеометрів передбачає дві складові:

1) непрямий ефект, який характеризується скороченням часу реєстрації та картографування ДТП до 15 хвилин; зниженням трудових показників; зменшенням корупції та спірних питань під час оформлення ДТП [94, 95];

2) прямий ефект, який полягає у зменшенні грошових витрат [96].

Як вихідні дані для реєстрації ДТП узяті витрати на обладнання та програмне забезпечення (табл. 2.27).

Таблиця 2.27

#### Засоби для реалізації і підтримки проекту та їх вартість

Найменування показників	Вартість станом на 01.01.2018 р., грн.
<b>БПЛА – DJI Phantom 3 Professional</b>	
Квадрокоптер DJI Phantom 3 Professional	30 000
USB-перехідник	100
Планшет Asus ZenPad 8.0 16 GB	4 000
Навчальні курси з керування БПЛА	3 000
Програмне забезпечення для опрацювання цифрових знімків	10 000

Продовж. табл. 2.27

Портативний принтер А4 Canon mobile PIXMAiP110 с Wi-fi	7 500
Навчальні курси щодо опрацювання аерознімків ДТП на веб-порталі	1 000
Усього	55 600
Лазерний сканер	
Комплект лазерного сканера LEICA Scanstation HDS3000: – штатив алюмінієвий (Berger); – марки для орієнтування та прив'язки сканів (10 шт.); – комп'ютерний пристрій з ПЗ Leica Cyclone.	550 000
Усього	550 000
Електронний тахеометр	
Тахеометр серії Sokkia SET 530 R	175 000
Рейка телескопічна, 5 м	1 100
Штатив алюмінієвий (Berger)	1 500
1-но призмовий відбивач з маркою в сумці	2 500
Віха для відбивача, 2,5 м	1 700
Треггер з оптичним центриром	1 500
Рейка, 30 м	400
Програмне забезпечення	
Програмний комплекс Digital Standart	3 000
Усього	186 700

До вартісних показників відносять:

1) абсолютне зниження вартісних витрат ( $\Delta C$ )

$$\Delta C = C_0 - C_1, \quad (2.22)$$

де  $C_0$  – вартісні витрати на реєстрацію та картографування ДТП за базовим варіантом (з використанням електронного тахеометра);  $C_1$  – вартісні витрати за проектним варіантом (з використанням БПЛА та ГІС-технологій).

2) коефіцієнт відносного зниження вартісних витрат ( $K_C$ )

$$K_C = \frac{\Delta C}{C_0} \cdot 100\%. \quad (2.23)$$

3) індекс зниження вартісних витрат ( $Y_C$ )

$$Y_C = \frac{C_0}{C_1}. \quad (2.23)$$

4) термін окупності витрат на впровадження геоінформаційної технології реєстрації та картографування ДТП з використанням БПЛА ( $T_{ok}$ )

$$T_{ok} = \frac{K_{\Pi}}{\Delta C}, \quad (2.24)$$

де  $K_{\Pi}$  – витрати на створення геоінформаційної технології реєстрації та картографування ДТП з використанням БПЛА (проектування та впровадження для відділу патрульної поліції з оформлення ДТП на 5 екіпажів).

Результати розрахунку показників економічної ефективності автоматизованої системи наведено у таблиці 2.28.

Таблиця 2.28

**Показники ефективності від упровадження автоматизованої системи реєстрації та картографування ДТП**

Витрати, грн.		розроблена технологія	Абсолютний показник зміни вартості витрат $\Delta C$ , грн.	Коефіцієнт відносного зниження витрат $K_C$ , %	Індекс зниження витрат $Y_C$
базовий варіант					
Лазерний сканер	550 000	55 600	494 400	89,89	9,89
Електронний тахеометр	186 700	55 600	131 100	70,22	3,36

Що стосується нововведення реєстрації та картографування ДТП за допомогою БПЛА, то термін окупності капітальних витрат становить 5 місяців за умови, що абсолютна економія вартості витрат варіантів, що порівнюються (БПЛА – лазерний сканер) становитиме 494 400 грн.

### Висновки до розділу 2

1. Розроблено методичні засади геоінформаційної технології реєстрації і картографування дорожньо-транспортних пригод з використанням безпілотних літальних апаратів, які ґрунтуються на технологічній схемі та результатах експериментальних досліджень використання БПЛА на дослідному полігоні в комбінації із наземними методами знімання. Запропонована методика раціонального вибору апаратури для ефективної реалізації технології на основі БПЛА за критерієм мінімізації витрат при обмеженнях щодо досягнення потрібної точності та оперативності (часу) виконання знімань під час реєстрації дорожньо-транспортних пригод.

2. У процесі дослідження апаратури, що доступна на ринку обґрунтовано можливість використання для реєстрації і картографування ДТП безпілотних літальних апаратів класу «мікро» (квадрокоптер Nine Eagles Galaxy Visitor 2, DJI Phantom 3 Advanced та DJI Phantom 3 Professional) з урахуванням їх технічних параметрів та польотних характеристик, необхідних для якісного аерофотознімання.

3. Розроблено технологію реєстрації та картографування ДТП із використанням безпілотних літальних апаратів, запропоновано функціональну залежність для обчислення оптимального значення висоти польоту БПЛА за параметрами площі території місця аварії та ширини проїзної частини.

4. Установлено основні метеорологічні та ситуаційні обмеження застосування БПЛА для картографування ДТП, виконано оцінювання економічної ефективності застосування технології із використанням БПЛА для картографування ДТП, визначено термін окупності капітальних витрат.

## РОЗДІЛ 3

### ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВЕБ-ПОРТАЛУ «ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ ЦЕНТР МОНІТОРИНГУ ДТП»

#### 3.1. Структурно-функціональна модель веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП»

Вибір веб-портальної архітектури для реалізації геоінформаційної технології реєстрації та картографування ДТП з використанням БПЛА зумовлюється, що ключовими призначенням технології є автоматизація та інформаційна підтримка діяльності патрульної поліції в процесі фіксації, реєстрації, аналізу та централізованого збереження інформації щодо ДТП [97, 98]. Використання ГІС з веб-портальною архітектурою в умовах сучасних досягнень в сфері мобільного зв'язку та телекомунікаційних технологій найефективніше забезпечує реалізацію віддаленого до сервера системи для оперативного виконання таких основних функцій:

- передавання даних результатів цифрової фотофіксації з БПЛА місця ДТП;
- опрацювання цифрових знімків на сервері системи;
- отримання ортофотоплану місця ДТП;
- проведення необхідних вимірів з використанням створеної цифрової моделі;
- заповнення форми реєстрації ДТП за форматом Європротоколу;
- автоматизоване формування та видачі відповідних документів про реєстрацію ДТП суб'єктам (учасникам) ДТП;
- довгострокове зберігання інформації про ДТП базі даних на централізованому сервері системи;
- забезпечення онлайн-доступу до БД з інформацією про ДТП для усіх зацікавлених користувачів для вирішення різних прикладних задач, пов'язаних з юридичними, страховими, технічними питаннями щодо конкретних ДТП, або ведення моніторингу ДТП, визначенням місць концентрації ДТП та розробленням і реалізації заходів з удосконаленням засобів організації руху та дорожньої інфраструктури тощо.

Створення геоінформаційної системи «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» («ІАЦ моніторингу ДТП») базується на принципах:

- узагальнення правових, нормативно-методичних, технологічних і організаційних основ;
- усебічної взаємодії з наявними інформаційними базами та системами;
- максимальної інтеграції з органами керування та організації дорожньо-транспортного руху;
- безперервного відновлення даних про дорожньо-транспортні пригоди для проведення аналізу ДТП та ухвалення управлінських рішень щодо забезпечення безпеки дорожнього руху на найбільш небезпечних ділянках;
- використання новітніх інструментальних ГІС у галузях геоінформатики, банків даних та веб-програмування;

– достовірності реєстрації, картографування та збереження даних для забезпечення оперативності обслуговування користувачів.

Архітектура веб-порталу «ІАЦ моніторингу ДТП» включає такі складові програмного та інформаційного забезпечення (рис. 3.1), [99 – 102]:

- підсистему збирання даних з використанням БПЛА;
- підсистему опрацювання растрових зображень;
- підсистему керування базами даних веб-порталу;
- підсистему формування ортофотоплану місця ДТП із збереженням матеріалів на веб-порталі «ІАЦ моніторингу ДТП»;
- підсистему формування документації щодо ДТП.



Рис. 3.1. Структурна модель геоінформаційного забезпечення веб-порталу  
Структуру інтерфейсу доступу до функцій веб-порталу «ІАЦ моніторингу ДТП» подано на рис. 3.2.

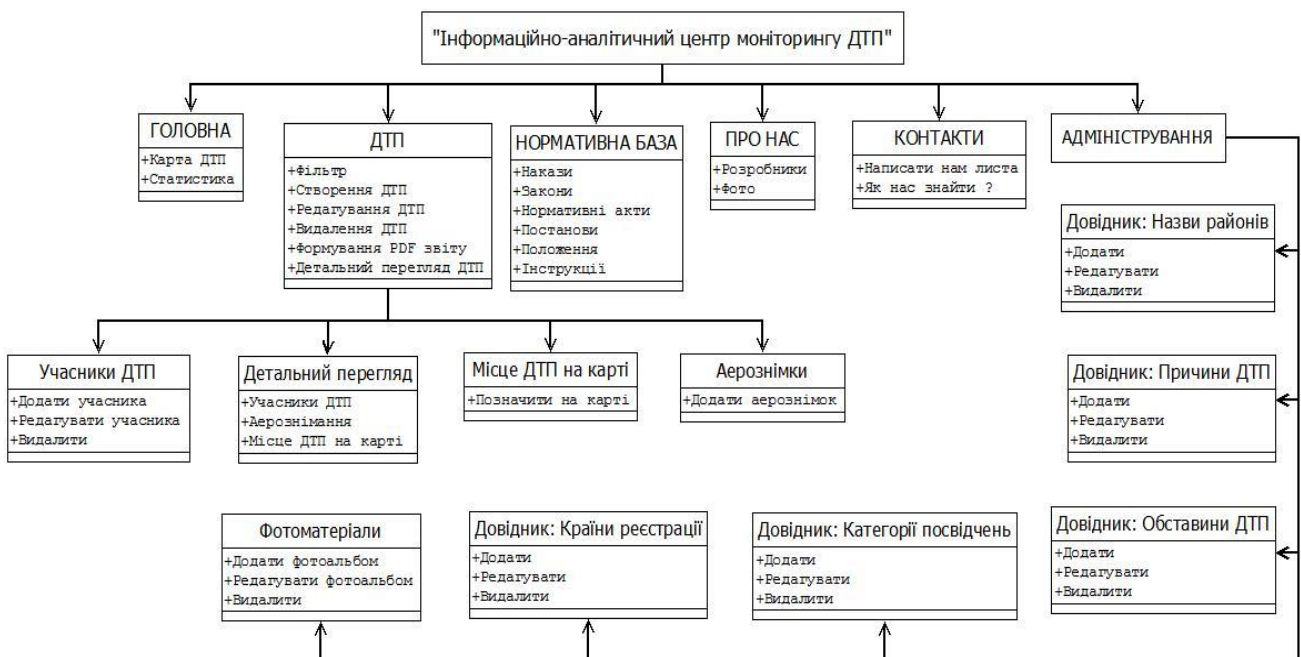


Рис. 3.2. Структура веб-порталу «ІАЦ моніторингу ДТП»  
Веб-портал «ІАЦ моніторингу ДТП» надає користувачам можливість ознайомитись із діяльністю центру, переглядати результати його роботи та

користуватись додатковими сервісами інформаційного характеру (рис. 3.3).

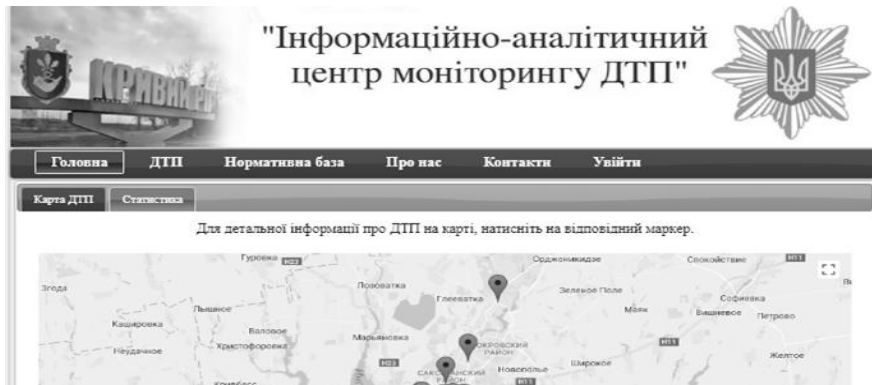


Рис. 3.3. Зовнішній вигляд робочого вікна головної сторінки веб-порталу. Головне меню дозволяє переміщуватися по розділах порталу та виконує функцію навігатора [103, 104]. Воно включає в себе покликання на такі розділи (рис. 3.4):

- ГОЛОВНА – покликання на головну сторінку порталу, де розміщено статистичні показники ДТП у м. Кривому Розі, які автоматично оновлюються;
- ДТП – покликання на сторінку, що містить базу геопросторових даних про зареєстровані ДТП, дозволяє патрульному поліцейському зареєструвати або переглянути ДТП, а користувачам сайту лише ознайомитися із наявними зареєстрованими ДТП у місті;
- НОРМАТИВНА БАЗА – покликання на розділ, який містить закони, нормативні акти, укази, інструкції, положення, що регламентують роботу Управління безпеки дорожнього руху та є підставами для діяльності інформаційно-аналітичного центру в даному напрямку;
- ПРО НАС – розділ, що містить матеріали експериментальної діяльності кураторів проекту, інформацію про розробників;
- КОНТАКТИ – покликання на сторінку, з якої є можливість відправити повідомлення адміністраторам порталу;
- УВІЙТИ – покликання на адміністративний розділ порталу, що призначений для патрульних поліцейських та адміністраторів центру.



Рис. 3.4. Структура головного меню

Розділ «ГОЛОВНА» містить статистичні дані про ДТП у місті Кривому Розі за останні роки (рис. 3.5), які автоматично оновлюються адміністраторами веб-порталу, спираючись на зареєстровані ДТП патрульними поліцейськими міста.



Рис. 3.5. Робоче вікно статистичних даних ДТП

Розділ «ДТП» надає можливість користувачам веб-порталу ознайомитись із структурним розподілом ДТП міста, переглянути їх місцезнаходження на карті регіону, а також при виборі певного об'єкта (ДТП) дає змогу перейти на його інформаційну сторінку із результатами реєстрації інспекторами поліції (рис. 3.6).

Користувач має можливість переглянути зареєстровані ДТП (1) та зберегти звіт у pdf-форматі у комп'ютерному пристрої (2). Якщо він став очевидцем пригоди, має право звернутися з повідомленням до адміністрації для надання додаткової інформації, яка буде долучена до справи відповідного поліцейського.

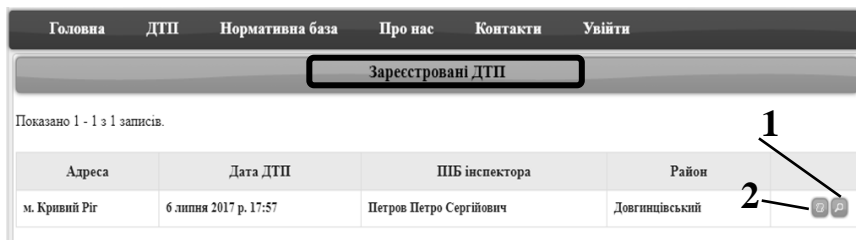


Рис. 3.6. Зовнішній вигляд робочого вікна розділу «ДТП»

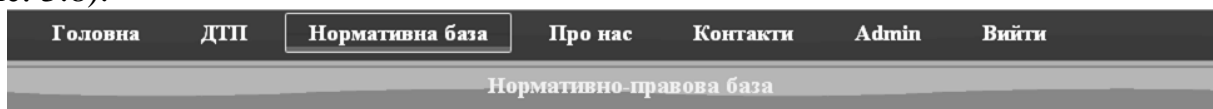
Запропоновано патрульному поліцейському розділ (рис. 3.7), після етапу авторизації дозволяє:

- зареєструвати нове ДТП (1), методику реєстрації поетапно описано у пункті 3.4;
- видалити (2);
- увести поправки до зареєстрованих раніше ДТП або додати додаткову інформацію до справи (3);
- згенерувати та зберегти звіт у pdf-форматі (4);
- переглянути інформацію про ДТП (5).



Рис. 3.7. Робоче вікно розділу «ДТП» після етапу авторизації

Розділ «НОРМАТИВНА БАЗА» дозволяє користувачам оперувати покликаннями на чинні нормативно-правові акти України, що регламентують діяльність Національної поліції у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху (рис. 3.8).



Нормативні акти, що регламентують роботу Управління безпеки дорожнього руху

- Закон України ["Про національну поліцію"](#)
- Закон України ["Про дорожній рух"](#)
- Закон України ["Про автомобільний транспорт"](#) "Віденська Конвенція про дорожній Рух"
- Закон України ["Про перевезення небезпечних вантажів"](#)
- Закон України ["Про адміністративні послуги"](#)
- Постанова КМ України ["Про Правила дорожнього руху"](#) від 10.10.2001 № 1306

Рис. 3.8. Робоче вікно розділу «НОРМАТИВНА БАЗА»

У теперішній час процес реєстрації ДТП здійснюється на підставі чинного

наказу від 07.11.2015 № 1395 «Про затвердження Інструкції з оформлення поліцейськими матеріалів про адміністративні правопорушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху, зафіксовані не в автоматичному режимі» (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Робоче вікно покликання на Наказ від 07.11.2015 № 1395

У розділі «ПРО НАС» моделі веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» користувачі мають можливість ознайомитися із поданими автобіографіями (рис. 3.10) та переглянути альбоми експериментально-наукової діяльності розробників (рис. 3.11).

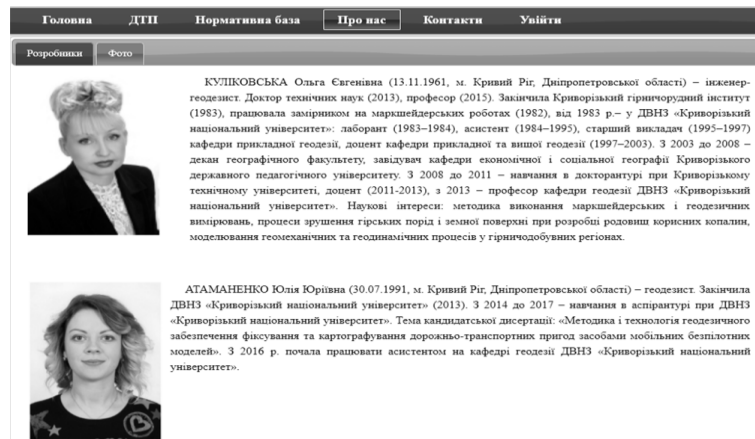


Рис. 3.10. Робоче вікно підрозділу «РОЗРОБНИКИ»

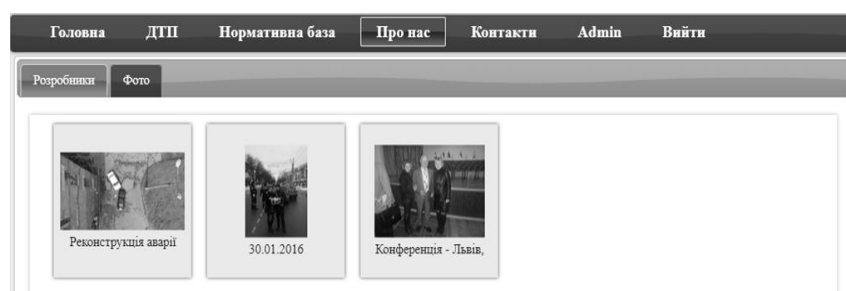


Рис. 3.11. Робоче вікно підрозділу «ФОТО»

Відвідувач порталу може переглядати фотоальбоми, користувач має право створювати новий альбом, видаляти, правити та додавати знімки.

Розділ «КОНТАКТИ» (рис. 3.12) дозволяє відвідувачам порталу направляти повідомлення його адміністраторам «Написати нам листа» (1) та дізнатися про місцезнаходження та контактну інформацію кураторів проекту «Як нас знайти?» (2).



Рис. 3.12. Робоче вікно форми для розділу «Контакти»

Для відправлення повідомлення необхідно натиснути на (1) та заповнити всі поля запропонованої користувачу форми (рис. 3.13), що помічені зірочками (\*), а саме: ім'я, поштова адреса, вказати тему повідомлення і, відповідно, його текст та ввести у поле запропонований код перевірки. Після активізації клавiшi «Надіслати» адміністратори порталу отримають повідомлення.

Рис. 3.13. Робоче вікно підрозділу «Написати нам листа»

Підрозділ «Як нас знайти?» містить адресу адміністраторів, яка показана на Google Maps, та контактну інформацію: прізвище, ім'я, по батькові, мобільні телефони та електронні адреси кураторів проекту (рис. 3.14).



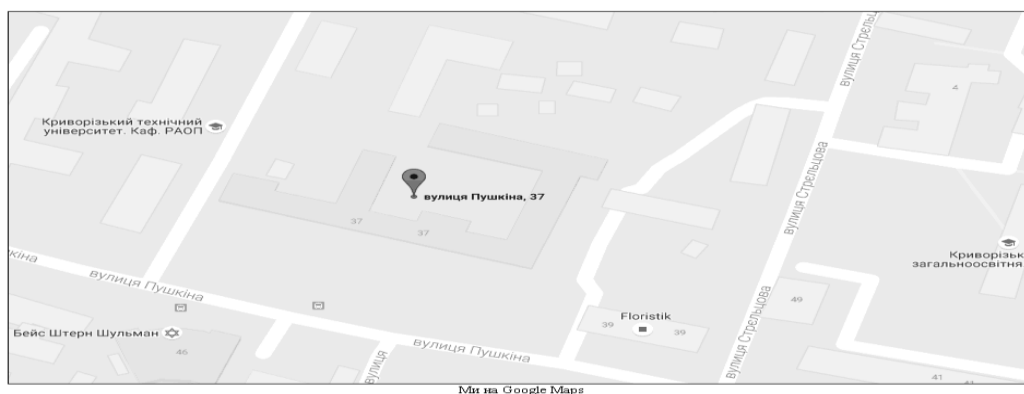


Рис. 3.14. Робоче вікно підрозділу «Як нас знайти?»

Розділ «УВІЙТИ» дозволяє патрульним поліцейським та адміністраторам здійснювати авторизацію на веб-порталі (рис. 3.15).

Рис. 3.15. Робоче вікно авторизації на веб-порталі

Після авторизації користувач входить у повну версію системи веб-порталу (рис. 3.16). У повній версії з'являється два додаткових підрозділи: «Admin» (1) та «Вийти» (2).



Рис. 3.16. Зовнішній вигляд робочого вікна веб-порталу після авторизації

Авторизований користувач має доступ до можливих операцій веб-порталу: фотоматеріали; ДТП; довідник: Країни реєстрації; довідник: Обставини ДТП; довідник: Причини ДТП; довідник: Категорії посвідчень; довідник: Назви районів (рис. 3.17), які можна переглянути, змінити, додати інформацію, видалити й зберегти.

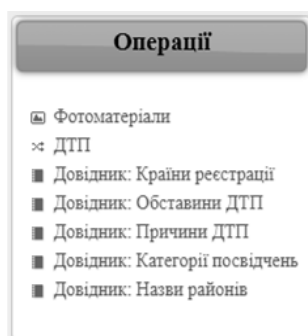


Рис. 3.17. Робоче вікно можливих операцій у розділі «Admin»

На рис. 3.18 представлено відкритий підпункт операції розділу «Admin» – фотоматеріали; на рис. 3.19 – Довідник: Країни реєстрації; на рис. 3.20 – довідник: Обставини ДТП; на рис. 3.21 – довідник: Причини ДТП; рис. 3.22 –

довідник: Категорії посвідчень; рис. 3.23 – довідник: Назви районів.



Рис. 3.18. Робоче вікно «Фотоматеріали»

1 – додати фотоальбом; 2 – редагувати; 3 – переглянути детально; 4 – видалити

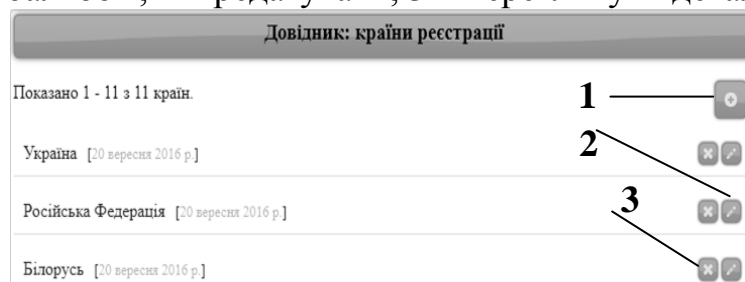


Рис. 3.19. Робоче вікно «Країни реєстрації»

1 – зареєструвати країну; 2 – редагувати; 3 – видалити

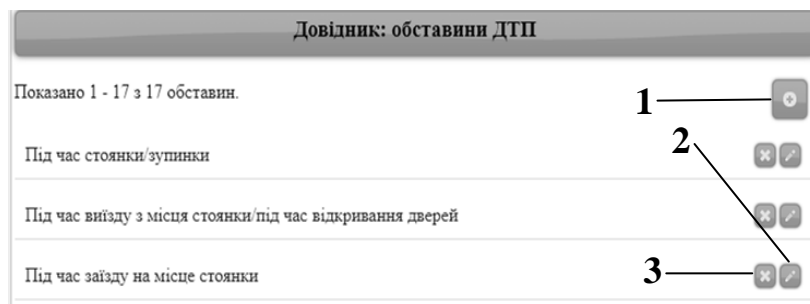


Рис. 3.20. Робоче вікно «Обставини ДТП»

1 – зареєструвати країну; 2 – редагувати; 3 – видалити

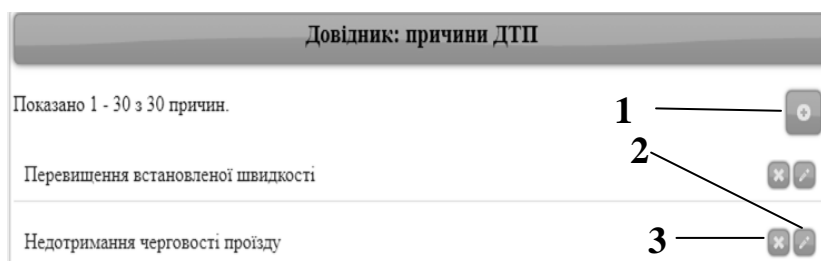


Рис. 3.21. Робоче вікно «Причини ДТП» розділу «Admin»

1 – зареєструвати країну; 2 – редагувати; 3 – видалити



Рис.3.22. Робоче вікно «Категорії посвідчень»

1 – зареєструвати країну; 2 – редагувати; 3 – видалити



Рис. 3.23. Робоче вікно «Назви районів»

1 – зареєструвати країну; 2 – редагувати; 3 – видалити

Відкритий підпункт операції розділу «Admin» – «ДТП» автоматично переходить до одного з основних розділів веб-порталу – «ДТП». Розділ відкривається у повній версії (рис. 3.16), якщо користувач авторизувався на веб-порталі та в обмеженій (рис. 3.4). На відкритій сторінці одразу відображається коротка інформація про ДТП: адреса; дата ДТП; ПІБ інспектора; район. Детальний опис процесу реєстрації ДТП подано у розділі 3.4.

Розділ «ВИЙТИ» (рис. 3.24) дозволяє користувачу вийти з повної версії веб-порталу та у разі потреби користуватися ним в обмеженій версії (рис. 3.5).



Рис. 3.24. Робоче вікно команди «ВИЙТИ» з повної версії

Для реалізації веб-порталу «ІАЦ моніторингу ДТП» використано такі інструментальні засоби [105 – 109]: модель веб-порталу, яке розроблена на основі програмної платформи PHP Framework, версії Yii Framework 1.1.16; механізм зображення точок на ортофотоплані та вираховування віддалей між ними, що реалізовано на Javascript та JQuery; HTML застосовувався для розмітки документа (сторінки); на CSS здійснювалося оформлення цих елементів: колір, фон, розміри, відступи, рамки, тіні, прозорість тощо; Javascript використано для оформлення коментарів та паролів; запис у базі геопросторових даних реалізовано на основі СКБД MySQL.

Для роботи з веб-порталом необхідний веб-браузер однієї з версій [110, 111]: Google Chrome 24 і вище; Internet Explorer 9 і вище; Opera 12 і вище; Mozilla FireFox 17 і вище.

Застосування даного інноваційного рішення дозволяє розв'язати низку питань, що стосуються процесу реєстрації та картографування ДТП, а саме: вирішитися питання щодо заторів на дорогах; автоматизується процес оформлення ДТП; підвищиться точність та достовірність складених схем місця

ДТП; знизиться кількість спірних питань; отримані матеріали можна буде використовувати в інших цілях (прийняття умотивованих ухвал по судових справах, здійснення аргументованих виплат страховими компаніями); зменшиться корупційна складова.

### 3.2. Структурно-функціональна модель бази геопросторових даних веб-порталу та обґрунтування вибору засобів її реалізації

Система баз даних в складі веб-порталу розглядається як технологія та засоби розподіл функцій системи за принципом взаємодії двох програмних процесів, один із яких у цій моделі називається «клієнтом», а інший, що обслуговує клієнта – сервером (машина, що зберігає бази даних), [112 – 116]. Клієнтський процес запитує деякі послуги, а серверний процес забезпечує їх виконання. При цьому передбачається, що один серверний процес може обслужити безліч клієнтських процесів (рис. 3.25).

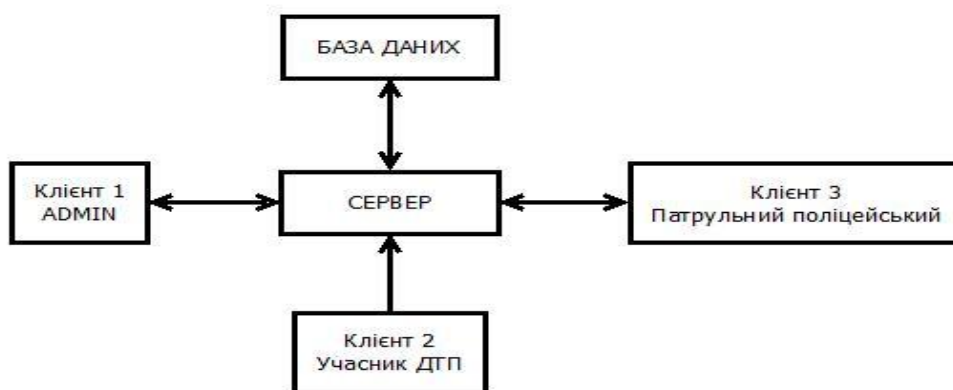


Рис. 3.25. Структура БД із виділенням клієнтів і сервера

У моделі віддаленого доступу база даних також зберігається на сервері. На сервері також знаходиться і ядро СКБД. На клієнтському сервері розташовуються частини програми, що підтримують функції введення, відображення даних і прикладні функції. Клієнт звертається до сервера з запитами на мові SQL. Сервер приймає і обробляє запити з боку клієнтів, перевіряє повноваження користувачів, гарантує дотримання обмежень цілісності, виконує оновлення даних, виконує запити і повертає результати клієнту, підтримує системний каталог, забезпечує паралельний доступ до бази даних і її відновлення. До того ж різко зменшується завантаження мережі, оскільки по ній від клієнтів до сервера передаються не файлові команди, а запити на SQL, окрім того, їх обсяг значно менший. У відповідь на запити клієнт отримує тільки дані, що відповідають запиту, а не блоки файлів, як у моделі файлового сервера [117]. Структура моделі віддаленого доступу до БД учасника ДТП, патрульного поліцейського й адміністратора наведено на рис. 3.26.

Вибір конкретної СКБД в якості сервера бази даних веб-порталу «ІАЦ моніторингу ДТП» ґрунтується на дотриманні функціональних, технічних, комерційних та ергономічних вимог.

До основних функціональних вимог належать такі: здатність вводити та накопичувати інформацію про дорожньо-транспортну пригоду; опрацювання

матеріалів знімання з БПЛА; створення ортофотопланів місця ДТП із розрахованими віддалями; швидке генерування звітів протоколів місця ДТП у pdf-формат.

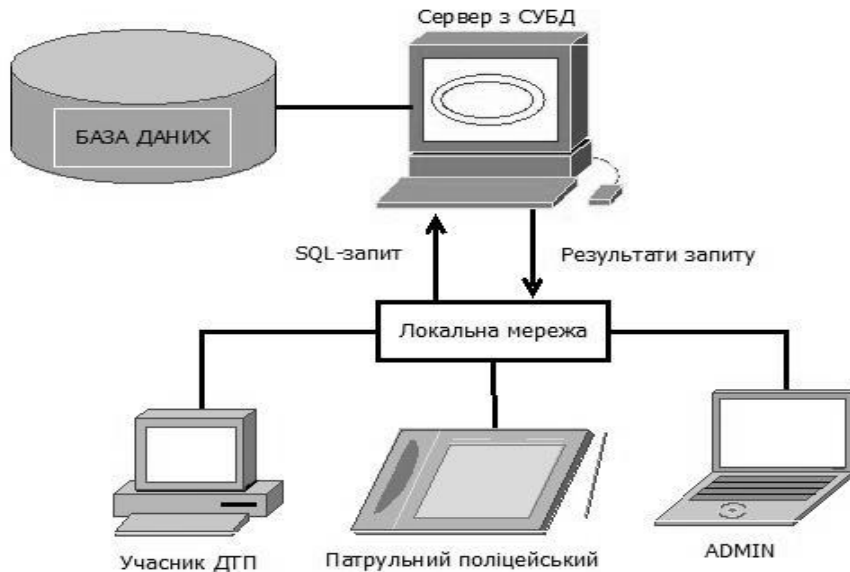


Рис. 3.26. Модель віддаленого доступу до БД

Технічні вимоги полягають, по-перше, в якості програмування (алгоритмів оброблення даних), і, по-друге, у передбаченні низки сервісних параметрів, необхідних для ефективної роботи програми в межах програмно-апаратного комплексу.

До основних технічних вимог належать такі: невибагливість до апаратного забезпечення (програма повинна ефективно працювати на мобільних комп'ютерних пристроях із середніми характеристиками); наявність мобільного Інтернету; можливість редагування документів і звітів, що дозволяє користувачу створити форму звіту, яка потім буде виводитись на екран монітора чи портативний принтер; обмін даними з іншими програмами та пристроями; робота в локальних комп'ютерних мережах; забезпечення захисту інформації із застосуванням системи паролів; засоби створення архівів даних та автоматичне відновлення інформації у випадку збою.

Під комерційними вимогами розуміють вимоги, пов'язані з тими умовами придбання та експлуатації ГІС, що пропонуються Департаменту патрульної поліції. Основними комерційними вимогами є: прийнятна ціна ГІС (слід розрізняти вартість власне системи та вартість її впровадження і супроводу); супровід ГІС, що передбачає навчання роботі з системою й налагодження на реєстрацію ДТП; оперативні консультації з проблем, які виникають у процесі роботи; оновлення старої версії ГІС, швидка заміна її новими; висока якість паперової та електронної документації.

До ергономічних вимог належать зручність інтерфейсу користувача та розвинена система програмної допомоги.

Для реалізації зазначених вимог підходять майже всі СКБД (MariaDB, MySQL, MS Access, PostgreSQL, Oracle, Server, Microsoft SQL), вони усі підтримують реляційну модель бази даних і надають усебічні можливості для

роботи з даними [118, 119]. Для веб-порталу «ІАЦ моніторингу ДТП» обрано найбільш оптимальну клієнт-серверну СКБД – MySQL.

БД створена для інформаційного обслуговування співробітників патрульної поліції та учасників дорожньо-транспортних пригод. Вона включає дані щодо дорожньо-транспортних пригод (патрульних поліцейських, учасників ДТП, ТЗ, страхових компаній, загальних відомостей ДТП, матеріалів аерознімання) та надає можливість отримувати різноманітні звіти щодо місця ДТП на основі збережених файлів.

Відповідно до предметної галузі систему побудовано з урахуванням таких особливостей (рис. 3.26):

- патрульний поліцейський із співробітників відділу Патрульної поліції з оформлення ДТП може реєструвати необмежену кількість ДТП;
- патрульний поліцейський із співробітників відділу Патрульної поліції з оформлення ДТП може оформлювати велику кількість протоколів ДТП;
- одна дорожньо-транспортна подія може реєструватися в одному протоколі.



Рис. 3.26. Структура побудови БД з урахуванням особливостей предметної галузі

Усю взаємодію користувачів з БД показано за допомогою діаграми варіантів використання, зображеної на рис. 3.27.



Рис. 3.27. Діаграма варіантів використання БД

Для того, щоб мати можливість зареєструвати ДТП і редагувати інформацію, потрібно увійти в систему як «Інспектор патрульної поліції». Процес авторизації користувача зображено на рис. 3.28.

Для того, щоб зареєструвати нове ДТП, інспектор поліції повинен увійти у розділ «ДТП» і заповнити відповідну форму «Зареєструвати нове ДТП». Процес реєстрації ДТП зображено на рис. 3.29.



Рис. 3.28. Діаграма процесу «Авторизація»



Рис. 3.29. Діаграма процесу «Зареєструвати нове ДТП»

У системі реалізовано функції редагування інформації. Інспектор поліції має можливість редагувати інформацію про ДТП. Діаграму послідовностей процесу редагування наведено на рис. 3.30.



Рисунок 3.30. Діаграма процесу «Редагування»

Щоб видалити інформацію з файлу зареєстрованої ДТП, інспектору поліції потрібно перейти у розділ «ДТП», вибрати ДТП чи певну інформацію про ДТП, натиснути кнопку «Видалити». Процес видалення зображено на рис. 3.31.



Рисунок 3.31. Діаграма процесу «Видалення»

Для того, щоб роздрукувати зареєстроване ДТП, інспектор поліції повинен згенерувати ДТП у pdf-формат. Процес генерування ДТП зображено на рис. 3.32.



Рисунок 3.32. Діаграма процесу «Формування pdf-звіту»

Визначимо межі інформаційної підтримки патрульних поліцейських:

– 1) функціональні можливості: ведення БД (авторизація, створення нового ДТП, редагування ДТП, видалення ДТП, формування pdf-звіту, детальний перегляд ДТП); забезпечення логічної несуперечливості БД; забезпечення захисту даних від несанкціонованого або випадкового доступу (визначення прав доступу); реалізація запитів у готовому вигляді, які найбільш часто виникають; надання можливості сформувати довільний запит на мові маніпулювання даних;

– 2) можливості створення готових запитів: отримання списку всіх зареєстрованих ДТП; отримання списку інспекторів, які реєстрували ДТП; отримання повної інформації про зареєстроване ДТП; отримання відомостей про конкретного учасника ДТП; отримання ортофотопланів місця ДТП.

Розроблена система інтегрована із веб-орієнтованим продуктом, а це означає, що в структурі бази даних містяться дані про зареєстровані ДТП, які необхідні для функціонування веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП».

### 3.3. Концептуальна та логічна моделі бази геопросторових даних для реєстрації та картографування ДТП

В теорії та практиці проектування і реалізації БД розрізняють три рівні розгляду предметної сфери та відповідно три рівні моделювання даних, а саме: концептуальний, логічний (*зовнішній*) та фізичний (*внутрішній*). Це сучасні найменування рівнів моделювання даних, які відповідають термінології за міжнародними та національними стандартами з інформаційних технологій, зокрема ДСТУ ISO/IEC 2382-17:2005.

У контексті проектування баз даних, *моделлю вважається сукупність понять, описів на формальних мовах і графічних схемах, які використовуються*

для зображення структури даних та операцій їх оброблення в базі даних [120]. У центрі уваги передусім опис моделі бази даних, а ніж методів, що використовуються для її створення. Іншими словами, модель бази даних є лише основою для реалізації бази даних. Вона описує, що повинно бути включено в базу даних, а не як база даних будується.

В моделі даних знаходять своє відображення найважливіші аспекти функціонування визначеної предметної сфери, а другорядні – ігноруються, тобто вона є певною цільовою моделлю предметної сфери, у якій розрізняють три головні складові: структурну і керуючу частини та обмеження. В структурній частині визначається склад сутностей та логічні зв'язки між ними. Через класи обмежень цілісності визначаються засоби опису коректних станів бази даних, а через керуючу частину визначаються способи переходу між станами БД і способи отримання даних із бази даних. Керуюча частина містить специфікацію однієї або кількох мов, призначених для створення запитів до бази даних.

Кінцевою метою процесу моделювання даних є розроблення задокументованої та формально описаної схеми бази даних, яка визначається як сукупність різних схем, кожна з яких має такі властивості:

- належить до конкретного рівня подання певної предметної сфери як світу сутностей, та до відповідних аспектів бази даних, що розглядаються;
- визначає форми подання (формалізми), які відповідають рівню розгляду та охоплюють аспекти маніпулювання цими формами.

*Концептуальна модель* – це високорівневий абстрактний опис концептів предметної сфери (понять, складу, структури та зв'язків) з використанням базових формалізмів обраного загального підходу моделювання даних (зазвичай, реляційного або об'єктно-реляційного) незалежно від фізичного середовища реалізації бази даних [121].

На етапі концептуального моделювання здійснюється визначення й опис досліджуваних об'єктів чи явищ, зокрема визначаються типи (класи) об'єктів і типи та домени значень їх атрибутів, встановлюються взаємозв'язки між об'єктами та обмеження.

Концептуальні моделі в сучасних інформаційних технологіях використовуються для реалізації систем з так званою модельно-керованою архітектурою, розробники якої виходять з того, що тривалість життя певної технічної реалізації значно коротше, ніж термін придатності інформації, з якою вона має справу. Це зумовлює необхідність подання інформації способом, який передбачає можливість використання нових методів і засобів реалізації без зміни раніше упорядкованої та збереженої інформації [122]. У відповідності до вимог стандарту ДСТУ ISO 19101 «Географічна інформація. Еталонна модель» для концептуального моделювання використовується уніфікована мова моделювання UML. На UML-діаграмах із використанням уніфікованих нотацій визначаються типи об'єктів, їх атрибути та асоціації між об'єктами. Ґрунтуючись на цій сучасній методології для предметної сфери ГІС реєстрації ДТП визначені відповідні сутності як типи об'єктів бази даних, наприклад: патрульні поліцейські, учасники дорожньо-транспортних пригод, транспортні засоби, загальні дані про місце ДТП, протоколи з місця ДТП тощо. Атрибутами

сутностей є поіменна характеристика сутностей, їх найменування повинно бути унікальним для конкретного типу сутності, але може бути однаковим для різного типу сутності. Ключовим атрибутом (ключем) сутності є один або більше атрибутів із числа тих, що унікально визначають певний об'єкт, наприклад, для сутності «Патрульний поліцейський» ключовим є атрибут «Id\_патрульний поліцейський», для сутності «Файл ДТП» - «Id\_ДТП\_Протокол».

Розглянемо докладніше кожну із сутностей бази даних для реєстрації ДТП.

Для сутності «ДТП\_Протокол» первинним ключем є Id\_ДТП\_Протокол. Ця сутність має такі зовнішні ключі для зв'язку із іншими сутностями, на які посилаються в протоколі: Id\_Патрульний поліцейський, Id\_Учасники ДТП, Id\_Дані про ДТП, Id\_ТЗ, Id\_Страхові компанії та Id\_Ортофотоплани (рис. 3.33).

ДТП Протокол	
Id_ДТП_Протокол	
Id_Патрульний поліцейський	
Id_Учасники ДТП	
Id_Дані про ДТП	
Id_ТЗ	
Id_Страхові компанії	
Id_Ортофотоплани	

Рис. 3.33. Сутність «ДТП\_Протокол»

Сутність «Патрульний поліцейський» має такий атрибут, як ПІБ патрульного поліцейського. Первинним ключем є Id\_Патрульний поліцейський. Ця сутність необхідна для того, щоб у базі зберігалась інформація про поліцейських патрульної поліції, які здійснюють реєстрації ДТП (рис 3.34).

Патрульний поліцейський	
Id_Патрульний поліцейський	
ПІБ патрульного поліцейського	

Рис. 3.34. Сутність «Патрульний поліцейський»

Сутність «Учасник ДТП» має такі атрибути: ПІБ учасника ДТП, дата народження, адреса, країна та телефон (рис. 3.35). Первинним ключем є Id\_Учасник ДТП, ключовим полем є Id\_Посвідчення водія. Ця сутність необхідна для того, щоб у базі даних накопичувалась інформація щодо громадян, які були зареєстровані як учасники ДТП.

Учасник ДТП	
Id_Учасник ДТП	
ПІБ учасника ДТП	
Дата народження	
Адреса	
Країна	
Телефон	
Id_Посвідчення водія	

Рис. 3.35. Сутність «Учасник ДТП»

Сутність «Посвідчення водія» має такий атрибут, як категорія посвідчення водія. Первинним ключем є Id\_Номер посвідчення (рис. 3.36).

Посвідчення водія	
Id_Номер посвідчення	
Категорія посвідчення водія	

Рис. 3.36. Сутність «Посвідчення водія»

Сутність «ТЗ» має такі атрибути, як марка чи тип ТЗ, країна. Первинним ключем є Id\_ТЗ, ключовим полем є Id\_ Державний реєстраційний номер (рис. 3.37). Ця сутність необхідна для того, щоб у базі даних здійснювалося накопичення інформації щодо державних реєстраційних номерів ТЗ, які були зафіксовані під час оформлення ДТП.

ТЗ	
Id_ТЗ	
Марка чи тип ТЗ	
Країна	
Id_ Державний реєстраційний номер	

Рис. 3.37. Сутність «ТЗ»

Сутність «Страхова компанія» має такі атрибути: назва страхової компанії, номер поліса, номер зеленої карти, сертифікат (термін дії), агентство, назва агентства, країна, телефон, e-mail, можливість відшкодування збитків (Так / Ні). Первинним ключовим полем є Id\_Страхова компанія (рис. 3.38). Ця сутність необхідна для того, щоб у базі даних було зазначено страхові компанії, у яких обслуговуються зареєстровані ТЗ.

Страхова компанія	
Id_Страхова компанія	
Назва страхової компанії	
Номер поліса	
Номер зеленої карти	
Сертифікат (термін дії)	
Агентство	
Назва агентства	
Країна	
Телефон	
E-mail	
Можливість відшкодування збитків	

Рис. 3.38. Сутність «Страхова компанія»

Сутність «Дані про ДТП» має такі атрибути: місце скоєння ДТП; район; широта; довгота; шкода, заподіяна життю та здоров'ю, навіть якщо вона незначна (Так / Ні); шкода, заподіяна майну, крім шкоди ТЗ (Так/Ні); шкода, заподіяна об'єктам, крім ТЗ (Так / Ні); видимі пошкодження ТЗ; причини та обставини. Первинним ключем є Id\_Дані про ДТП (рис. 3.39).

## Дані про ДТП

Id Дані про ДТП
Місце скоєння ДТП
Район
Широта
Довгота
Шкода, заподіяна життю та здоров'ю, навіть якщо вона незначна
Шкода, заподіяна майну, крім шкоди ТЗ
Шкода, заподіяна об'єктам, крім ТЗ
Видимі пошкодження ТЗ
Причини
Обставини

Рис. 3.39. Сутність «Дані про ДТП»

Сутність «Ортофотоплан» має такі атрибути: назва знімка, кількість метрів у pixel, дата. Ключовим полем є Id\_Ортофотоплан (рис. 3.40).

## Ортофотоплан

Id_Аерознімок
Назва ортофотоплана
Кількість метрів у pixel
Дата

Рис. 3.40. Сутність «Ортофотоплан»

Сутність «ДТП\_Файл» має такі атрибути, як назва файлу та дата. Первинним ключем є Id\_ДТП\_файл, ключовим полем є Id\_ДТП\_Протокол (рис. 3.41).

## ДТП\_Файл

Id_ДТП_Файл
Назва файлу
Дата
Id_ДТП_Протокол

Рис. 3.41. Сутність «ДТП\_Файл»

На основі визначених сутностей розроблено концептуальну схему бази даних, на якій відображено усі сутності та зв'язки між ними (рис. 3.42).

Логічною схемою називають схему бази даних, яка враховує особливості системи керування базами даних (СКБД) в зображенні структури даних та, відповідно, є результатом етапу логічного моделювання [123]. Така схема створюється шляхом відображення концептуальної схеми у певні мовні конструкції та схематичні позначення вибраної СКБД. Логічна схема тому й називається СКБД-залежною. Але СКБД-залежність не означає, що логічні схеми залежать від особливостей конкретного комерційного продукту, наприклад, Oracle, DB2 або MS SQL Server. Зазвичай, цей термін використовується для позначення залежності від певного типу моделі бази даних:

реляційної, об'єктно-орієнтованої або об'єктно-реляційної. Це означає, що реляційна логічна схема даних, наприклад, відповідає принципам і методам реляційних БД і, таким чином, застосовна до будь-якої бази даних, яка реалізується в середовищі реляційної СКБД [124]. На рис. 3.43 відображено логічну модель бази даних, що відповідає розробленій концептуальній моделі та орієнтована на реалізацію в середовищі реляційної СКБД.

Позначення типів даних для атрибутів об'єктів відповідно до стандарту [121] подано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

### Позначення типів даних для атрибутів об'єктів

Позначення типу даних	Опис типу даних
<i>Int</i>	зберігає будь-яке число в діапазоні від - 2147683648 до 2147683648
<i>Date</i>	призначений для зберігання дати
<i>Varchar</i>	дозволяє зберігати змінні рядки довжиною L. Значення M – від 0 до 65535
<i>Tinyint</i>	зберігає будь-яке число в діапазоні від -128 до 127
<i>Timestamp</i>	призначений для зберігання дати та часу доби у вигляді кількості секунд
<i>Smallint unsigned</i>	зберігає будь-яке число в діапазоні від 0 до 65535
<i>Int unsigned</i>	зберігає будь-яке число в діапазоні від 0 до 4294967295
<i>Mediumblob</i>	зберігає зображення, звук, електронні документи тощо до 16 Мбайт
<i>Unsigned double</i>	зберігає дробове число з плаваючою точкою зі значенням від 0 до $1.797693134862315 * 10308$

У базі даних для автоматизованого розв'язання комплексу функціональних завдань реєстрації та картографування ДТП використано три типи зв'язків, які побудовано на таких припущеннях:

- один із багатьох патрульних поліцейських відділу Патрульної поліції може зареєструвати велику кількість ДТП\_Протоколів;
- один або декілька із багатьох учасників ДТП можуть бути учасниками багатьох ДТП\_Протоколів;
- один або декілька із усіх наявних ТЗ можуть бути зареєстровані в багатьох ДТП\_Протоколах;
- одна або багато із представлених страхових компаній у базі даних можуть бути зареєстровані у великій кількості ДТП\_Протоколів;
- одні й ті ж дані про відповідне ДТП можуть бути указані в одному ДТП\_Протоколі;
- багато із усіх наявних аерознімків місця ДТП можуть бути оформлені лише в одному ДТП\_Протоколі;
- один ДТП\_файл містить один ДТП\_Протокол;
- один номер посвідчення водія може бути в одного учасника ДТП.

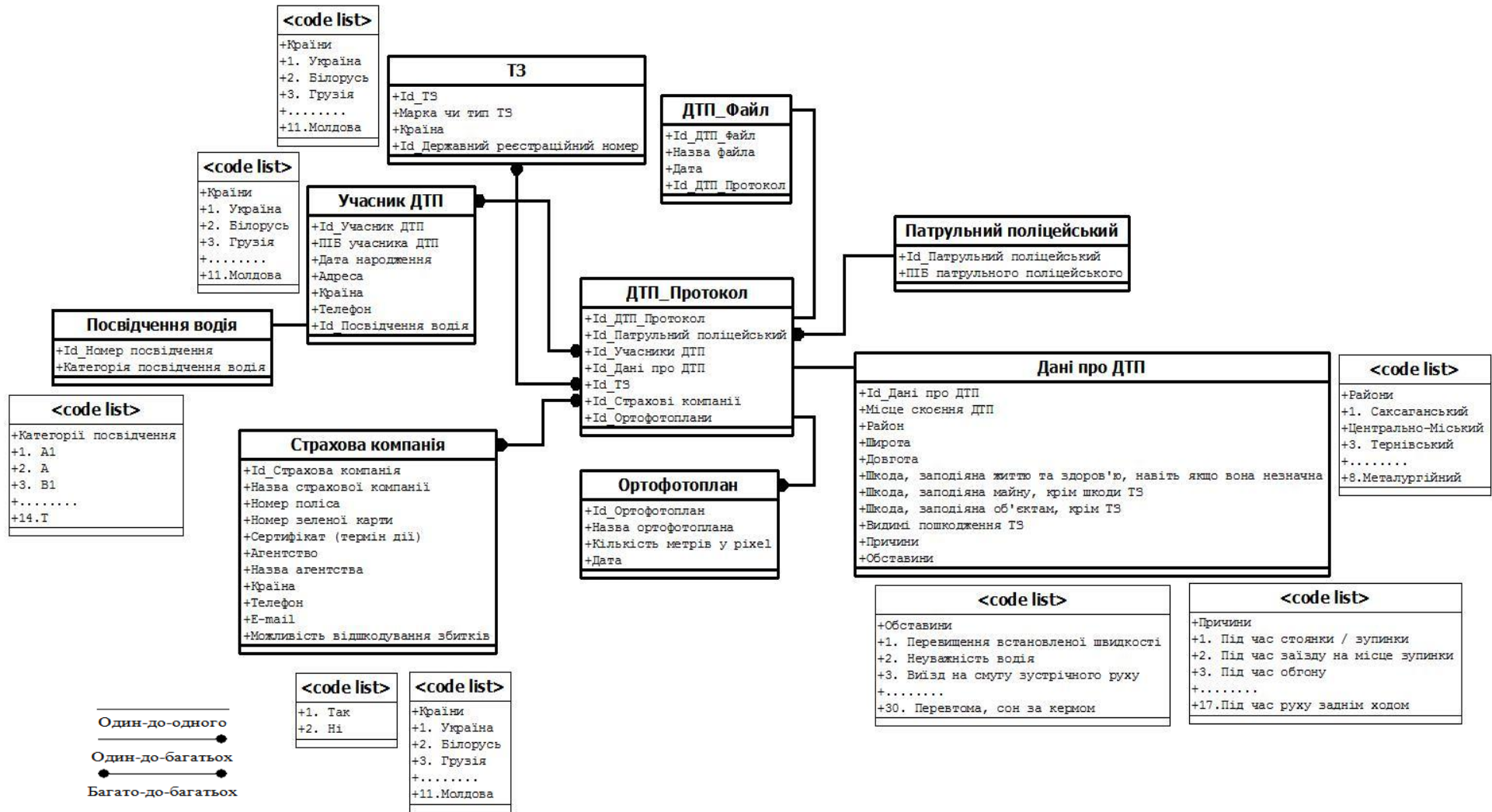


Рис. 3.42. Концептуальна модель БД веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП»

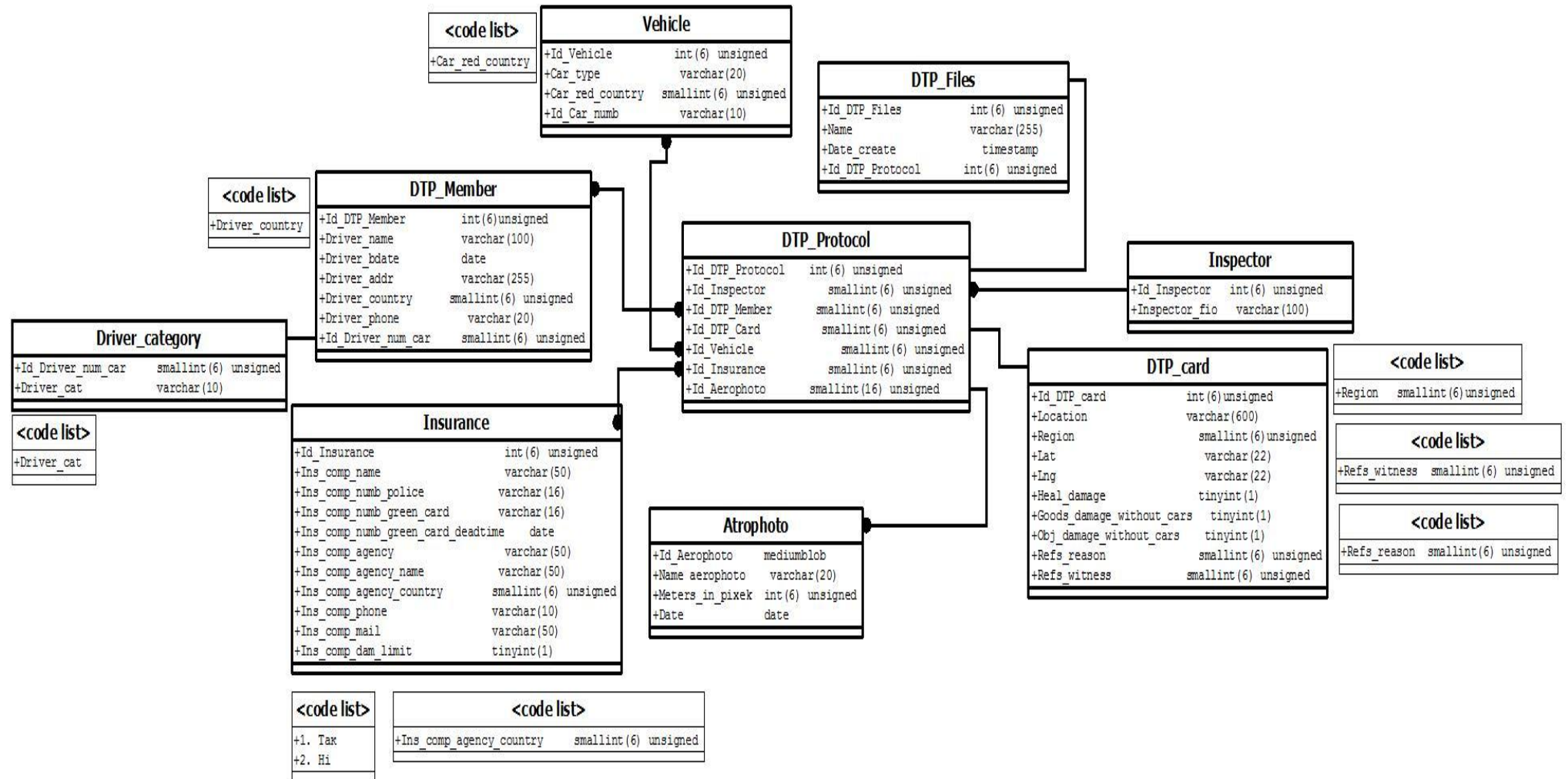


Рис. 3.43. Логічна модель БД веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП»

Фізичне моделювання передбачає фактичну комп'ютерну реалізацію бази даних.

Розрахунок віддалей на ортофотопланах місця ДТП на веб-порталі «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» міститься у файлі: *DTP/protected/views/admin/dtpnotify/\_form\_register.php* – це є форма для реєстрації даних ДТП та механізм нанесення й розрахунку віддалей по точках, які ставить користувач, тобто віддалей, які повинні бути показані та виміряні при складанні схеми місця ДТП.

На місці скоєння ДТП повинні бути виміряні віддалі, які окреслено вимогами [13]. Оскільки, процес реєстрації ДТП автоматизований і завантажені аероматеріали з БПЛА опрацьовуються на веб-порталі, тоді усі необхідні віддалі вимірюються автоматично на основі масштабу, обчисленого відповідно до обраної висоти польоту БПЛА.

Нижче наводиться код файла, за допомогою якого визначається масштаб:

```
functional calculate (h) {  
  if (!$.isNumeric(h)) {  
    alert ('Висота має бути числом, цілим або десятковим дробом з  
крапкою!');  
    return false;  
  }  
  scale=(((canvas.width/(tan*h))+((canvas.height/((tan*h)/1.77)))/2.toFixed(2);  
  marked=1/scale;  
  $('#state').html('span style=\'font-size:16px;\'Мацубаб:</b></span>');  
}
```

Принцип побудови віддалі на розробленому веб-порталі такий: користувач натискає на початок віддалі один раз – з'являється одна точка на знімку, коли натискає другий раз (в іншому місці, зокрема на кінці віддалі), то реєструється друга точка. За даними двох точок розраховується довжина віддалі на основі обчисленого масштабу:

```
point_b = [e.layerX, e.layerY];  
line_len = Math.sqrt(Math.pow((point_b[0] - point_a[0]), 2) +  
(Math.pow((point_b[1] - point_a[1]), 2)));
```

```
ctx.beginPath();  
marked=1/line_len;  
marked=marked.toFixed(3);
```

Нижче наводиться код з указанного раніше файла:

```
if (inc % 2 == 0) {  
  point_b = [e.layerX, e.layerY];  
  line_len = Math.sqrt(Math.pow((point_b[0] - point_a[0]), 2) +  
(Math.pow((point_b[1] - point_a[1]), 2)));  
  cent_line['x'] = (point_a[0] + point_b[0]) / 2;  
  cent_line['y'] = (point_a[1] + point_b[1]) / 2;  
  rot_angle = Math.atan((point_b[1] - point_a[1]) / (point_b[0] -  
point_a[0])).toFixed(2);  
  if (rot_angle < 0) dx = dx * (-1);  
  ctx.font = 'bold 15px Arial';
```

```

ctx.fillStyle = 'black';
line_meter = line_len.toFixed(2)*marked + 0.05;
drawRotatedText(line_meter.toFixed(2) + ' м', cent_line['x']+dx, cent_line['y']-
8, rot_angle, point_b[0], point_b[1]);
ctx.beginPath();
img_save = canvas.toDataURL('image/png')
}

```

Щоб на завантаженому знімку аварії показати віддаль – проїзну частину, необхідно натиснути кнопку маніпулятора один раз на початку проїзної частини – з'явиться перша точка, натиснути другий раз на кінці проїзної частини – з'явиться друга точка віддалі. Потім відбувається процес вирахування її довжини за координатами, які задаються командою ( $line\_len = \text{Math.sqrt}(\text{Math.pow}((\text{point\_b}[0] - \text{point\_a}[0]), 2) + (\text{Math.pow}((\text{point\_b}[1] - \text{point\_a}[1]), 2)))$ );).

Для того, щоб обчислити центр самої віддалі для виведення з цієї точки надпису з обчисленою довжиною, вводиться команда ( $cent\_line['x'] = (\text{point\_a}[0] + \text{point\_b}[0]) / 2$ ;  $cent\_line['y'] = (\text{point\_a}[1] + \text{point\_b}[1]) / 2$ ;). Кут нахилу віддалі та тексту з довжиною цієї віддалі вираховується з команди ( $rot\_angle = \text{Math.atan}((\text{point\_b}[1] - \text{point\_a}[1]) / (\text{point\_b}[0] - \text{point\_a}[0])).toFixed(2)$ );).

За похибку вимірювання взято 5 сантиметрів, це наближена поправка за рахунок осі колеса ( $line\_meter = line\_len.toFixed(2)*marked + 0.05$ );).

Ортофотоплан (з нанесеними на ньому віддалями) зберігається у окремий каталог і прив'язується до відповідної ДТП через запис у базі даних.

### 3.4. Технологічна схема використання веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» під час реєстрації ДТП

Після того, як патрульний поліцейський виконав аерознімання місця ДТП за допомогою БПЛА відповідно до загальних вимог пункту 2.5, у службовому автомобілі здійснюється реєстрація ДТП на розробленій моделі веб-порталу [126]. Через USB-перехідник або по бездротовій системі Wi-fi зв'язку отримані цифрові матеріали ДТП передаються до комп'ютерного пристрою, який містить завантажений веб-портал або має вихід до Інтернету.

Вихідна адреса веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» – [DTP-BPLA.dp.ua](http://DTP-BPLA.dp.ua) (рис. 3.44).

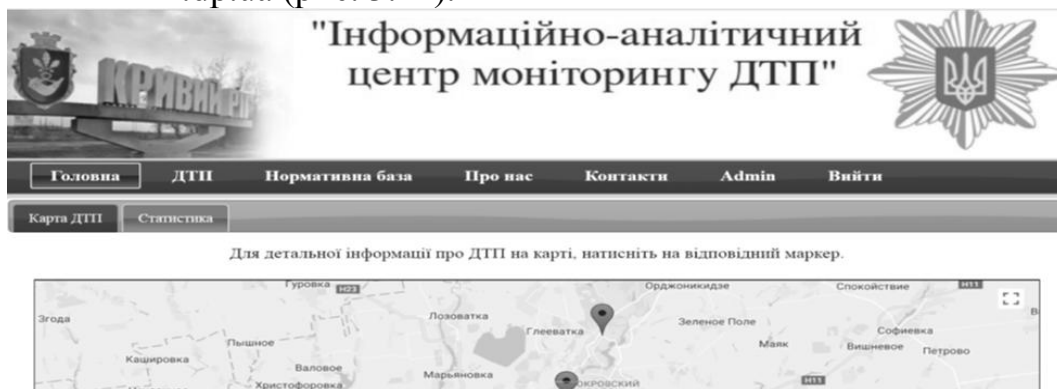


Рис. 3.44. Робоче вікно веб-порталу «ІАЦ центр моніторингу ДТП»

Для того, щоб зареєструвати ДТП, патрульний виконує такі дії:

1) натискає клавішу «Увійти» на головному меню веб-порталу (рис. 3.45);



Рис. 3.45. Робоче вікно структури головного меню

2) авторизується: заповнює обов'язкові поля (\*) та натискає «Увійти» (рис. 3.46);

Будь-ласка, авторизуйтесь...

Ім'я \*

Пароль \*

Запам'ятати мене

Рис. 3.46. Робоче вікно форми авторизації на веб-порталі

1) після авторизації поліцейський входить у повну версію системи веб-порталу (рис. 3.47);



Рис. 3.47. Робоче вікно повної версії веб-порталу після авторизації

2) натискає у розділі «ДТП» меню «Зареєструвати нове ДТП» (рис. 3.48);

Головна    ДТП    Нормативна база    Про нас    Контакти    Admin    Вийти

Зареєстровані ДТП

Фільтр

Адміністративний район

ПІБ інспектора

Знайдено записів: 8

Рис. 3.48. Робоче вікно форми реєстрації нового ДТП

3) заповнює запропоновані поля підрозділу «Реєстрація повідомлення про дорожньо-транспортну пригоду» (рис. 3.49): дату та час ДТП – вибрати; місце знаходження – ввести; адміністративний район – вибрати із запропонованих; ПІБ інспектора, що заповнює карту, – ввести; обрати «так» чи «ні» у названих підпунктах: шкода, заподіяна життю та здоров'ю, навіть якщо вона не значна; шкода, завдана майну, крім шкоди транспортним засобам; шкода, завдана об'єктам, крім транспортних засобів. Натискає кнопку «Реєструвати»;

Головна	ДТП	Нормативна база	Про нас	Контакти	Admin	Вийти
Реєстрація повідомлення про дорожньо-транспортну пригоду						
Дата та час ДТП *	2017-05-30 13:45:13					
Місце знаходження *	проїзна частина вул. Володимира Великого					
Адміністративний район *	Саксаганський					
ПІБ інспектора, що заповнює картку *	Головенко Петро Вадимович					
Шкода, заподіяна життю та здоров'ю, навіть, якщо не значна	Ні	<input checked="" type="radio"/>	Так	<input type="radio"/>		
Шкода заподіяна майну крім шкоди транспортним засобам	Ні	<input checked="" type="radio"/>	Так	<input type="radio"/>		
Об'єктам крім транспортних засобів	Ні	<input checked="" type="radio"/>	Так	<input type="radio"/>		
<input type="button" value="Відмінити"/> <input checked="" type="button" value="Зберегти"/>						

Рис. 3.49. Робоче вікно підрозділу «Реєстрація повідомлення про ДТП»

4) у випадку коли не всі обов'язкові поля введено, система не дозволяє зареєструвати нове ДТП і показує помилки для їх виправлення (рис. 3.50), у разі відсутності неточностей відкривається нове вікно для подальшого введення додаткової інформації зареєстрованого ДТП (рис. 3.51). У разі необхідності є кнопка «Скасувати»;

⚠ Виправте наступні помилки вводу:  
 • Значення атрибуту Адміністративний район не може бути порожнім.

Рис. 3.50. Робоче вікно помилки в процесі реєстрації ДТП

5) наступний крок: натискає підрозділ «Додати учасника ДТП» (рис. 3.51). Оскільки під час аварії ймовірна кількість авто, потерпілих та постраждалих не є обмеженою, рекомендовано удосконалити наявний «Європротокол», який призначений для оформлення ДТП з одним або двома учасниками. Розроблений веб-портал – це автоматизована система реєстрації аварій, яка фіксує необмежену кількість учасників ДТП.

Головна	ДТП	Нормативна база	Про нас	Контакти	Admin	Вийти
ДТП від 30 травня 2017 р. 13:45 (Саксаганський район)						
<input type="button" value="← Назад"/> <input checked="" type="button" value="Додати учасника ДТП"/> <input type="button" value="Додати аерознімок"/> <input type="button" value="Позначити на карті"/> <input type="button" value="Генерувати звіт (PDF)"/>						
Дата та час ДТП:	Додати учасника ДТП		30 травня 2017 р. 13:45			
Місце знаходження:	проїзна частина вул. Володимира Великого					
Адміністративний район:	Саксаганський					
ПІБ інспектора, що заповнює картку:	Головенко Петро Вадимович					
Шкода, заподіяна життю та здоров'ю, навіть, якщо не значна:	Ні					
Шкода заподіяна майну крім шкоди транспортним засобам:	Ні					
Об'єктам крім транспортних засобів:	Ні					

Рис. 3.51. Робоче вікно зареєстрованого нового ДТП

У результаті відкривається чергове вікно, зовнішній вигляд якого представлено на рис. 3.52;

Головна	ДТП	Нормативна база	Про нас	Контакти	Admin	Вийти																		
Реєстрація повідомлення про дорожньо-транспортну пригоду																								
<b>Водій</b>																								
Прізвище, ім'я *	<input type="text"/>																							
Дата народження *	<input type="text"/>																							
Адреса *	<input type="text"/>																							
Країна *	-не вказано-																							
Телефон *	<input type="text"/>																							
E-Mail	<input type="text"/>																							
Номер посвідчення водія *	<input type="text"/>																							
Категорія посвідчення водія *	<table border="1"> <thead> <tr> <th>0 вибрано елементів</th> <th>Вилучити все</th> <th>Додати все</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>A</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>B1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>BE</td> </tr> </tbody> </table>						0 вибрано елементів	Вилучити все	Додати все			A			A1			B			B1			BE
0 вибрано елементів	Вилучити все	Додати все																						
		A																						
		A1																						
		B																						
		B1																						
		BE																						
Посвідчення водія дійсне до: *	<input type="text"/>																							
<b>Транспортний засіб</b>																								
Марка, тип *	<input type="text"/>																							
Державний реєстраційний номерний знак *	<input type="text"/>																							
Країна реєстрації *	-не вказано-																							
<b>Причіп</b>																								
Державний реєстраційний номерний знак	<input type="text"/>																							
Країна реєстрації	-не вказано-																							
<b>Обставини *</b>																								
0 вибрано елементів	Вилучити все	Додати все																						
		Зіткнення із задньою частиною іншого транспортного засобу під час руху																						
		Під час виїзду з автостоянки, з приватних ділянок, із п'ювіця (колії)																						
		Під час виїзду з місця стоянки під час відкривання дверей																						
		Під час виїзду на смугу зустрічного руху																						
		Під час виїзду справа (на схрещенні доріг)																						
		Під час заїзду на автостоянку, на приватні ділянки, на п'ювіць (колію)																						
		Під час заїзду на місце стоянки																						
<b>Причини *</b>																								
0 вибрано елементів	Вилучити все	Додати все																						
		Виїзд на смугу зустрічного руху																						
		Керування автомобілем у нетверезому стані																						
		Керування несправним транспортним засобом																						
		Невиконання вимог сигналів регулювання																						
		Невиконання пішоходам сигналів регулювання																						
		Недотримання дистанції																						
		Недотримання черговості проїзду																						
<b>Страховальник / власник полісу (див.сертифікат страхування). Транспортний засіб А</b>																								
Прізвище та ім'я *	<input type="text"/>																							
Адреса *	<input type="text"/>																							
Поштовий індекс *	<input type="text"/>																							
Телефон *	<input type="text"/>																							
E-Mail	<input type="text"/>																							

Страхова компанія (див. сертифікат страхування)

Назва компанії \*

Номер полісу \*

Номер "зеленої картки"

Сертифікат або "зелена картка" дійсні з:

Сертифікат або "зелена картка" дійсні до:

Агенство (або бюро, або брокер) \*

Назва агентства \*

Адреса агентства \*

Країна \*

Телефон \*

E-Mail

\*Чи покриває поліс шкоду транспортному засобу  
 Ні  
 Так

Рис. 3.52. Робоче вікно «Додати учасника ДТП»

У відкритому вікні патрульний поліцейський заповнює усі поля запропонованого підрозділу «Додати учасника ДТП»: водій (ПІБ, дата народження, адреса, країна, телефон, E-Mail, номер посвідчення водія, обрати категорію посвідчення водія та кінцеву дату дійсності посвідчення водія); транспортний засіб (марка, державний реєстраційний номерний знак, країна реєстрації); причіп (державний реєстраційний номерний знак, країна реєстрації); обставини; причини; страхувальник / власник поліса (ПІБ, адреса, поштовий індекс, телефон та E-Mail); страхова компанія (назва компанії, номер поліса, номер «зеленої картки», дата дійсності сертифіката або «зеленої картки», назва агентства, адреса агентства, країна, телефон, E-Mail та відповідь на питання, чи покриває поліс шкоду транспортному засобу).

Патрульний поліцейський натискає кнопку «Реєструвати», після чого відкриється робоче вікно зареєстрованого ДТП із уведеними даними зареєстрованого учасника аварії (рис. 3.53). Для того, щоб додати ще учасників, натискає «Додати учасника ДТП» та повторює процес вводу даних знову.

**ДТП від 30 травня 2017 р. 13:45 (Саксаганський район)**

Дата та час ДТП: 30 травня 2017 р. 13:45

Місце знаходження: проїзна частина вул. Володимира Великого

Адміністративний район: Саксаганський

ПІБ інспектора, що заповнює картку: Головенко Петро Вадимович

Шкода, заподіяна життю та здоров'ю, навіть, якщо не значна: Ні

Шкода заподіяна майну крім шкоди транспортним засобам: Ні

Об'єктам крім транспортних засобів: Ні

Учасники ДТП						
№ з.п.	ПІБ	Дата народження	Адреса	Країна	Марка авто	<input type="button" value="⊕"/>
1	Іванов Сергій Петрович	28 березня 1968 р.	вул. М. Шимановського 43/23	Україна	ВАЗ 2101	<input type="button" value="✎"/> <input type="button" value="📄"/> <input type="button" value="✕"/>

Рис. 3.53. Робоче вікно нового ДТП із зареєстрованими учасниками

б) після реєстрації усіх учасників ДТП патрульний поліцейський починає опрацювання аерознімків. Для цього він обирає підрозділ «Додати аерознімок» (рис. 3.54).



Рис. 3.54. Робоче вікно команди «Додати аерознімок»

У результаті відкривається робоче вікно (рис. 3.55), в якому поліцейський натискає «Виберіть файл» та обирає потрібний аерознімок необхідного ДТП (рис. 3.56).



Рис. 3.55. Робоче вікно «Додати аерознімок»

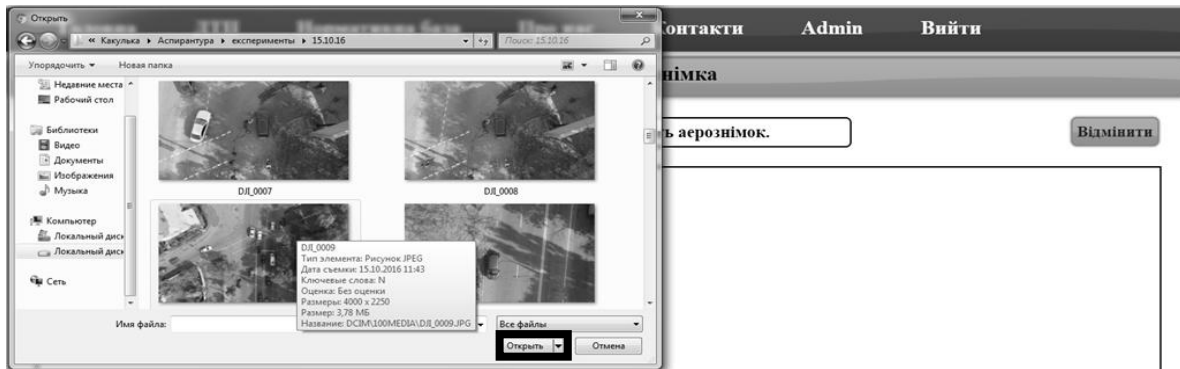


Рис. 3.56. Робоче вікно вибору аерознімка ДТП

При завантаженні матеріалів цифрового аерознімання розмір фотознімка змінюється до  $l_p = 960$  піксел (довжина),  $w_p = 540$  піксел (ширина) зі збереженням пропорції ( $k = \frac{16}{9} = 1,77$ ) (рис. 3.57).

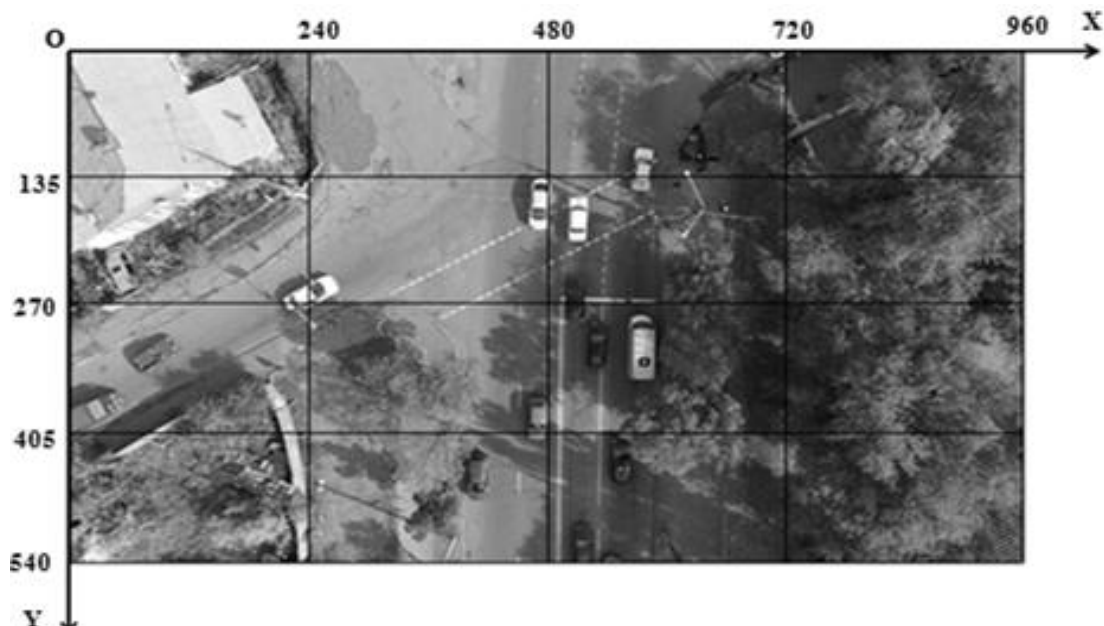


Рис. 3.57. Приклад аерознімка, підготовленого на веб-порталі для опрацювання

Віддаль між заданими точками 1 і 2 із координатами  $(1(X_1, Y_1); 2(X_2, Y_2))$ , яку необхідно показати на ортофотоплані, розраховується за формулою у pixel

$$S = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}. \quad (3.1)$$

У подальшому алгоритм програми дозволяє автоматично переводити pixel адаптованого цифрового аерознімка в метри ділянки місцевості. Для досягнення окресленого завдання необхідно ввести висоту знімання, після чого програма розраховує довжину  $l_m$  та ширину  $w_m$  (в метрах) ділянки, яку захоплено на цифровому знімку

$$l_m = 2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (3.2)$$

$$w_m = \frac{2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{1,77}. \quad (3.3)$$

де  $\alpha$  – кут поля зору камери,  $H$  – висота польоту БПЛА.

Відомі з паспортних даних технічні характеристики БПЛА (наявність гіроскопа, фокусна відстань камери, кут поля зору) та висота польоту під час реєстрації ДТП дають можливість визначити масштаб цифрового аерознімка, який представляє собою центральну проекцію [127].

Для того, щоб знайти масштаб  $m$ , тобто кількість pixel на один метр, програма зіставляє довжину і ширину (в pixel) із відповідними величинами в метрах і знаходить середнє значення з двох результатів

$$m = \frac{\left(\frac{l_p}{l_m} + \frac{w_p}{w_m}\right)}{2}. \quad (3.4)$$

У даному випадку 1-му метру ділянки місцевості відповідає 12,77 pixel ортофотоплану (рис. 3.58).



Рис. 3.58. Робоче вікно процесу вводу висоти польоту

Нижче наводиться приклад визначення програмою масштабу  $m$  та площі охоплення території  $S$  на ортофотоплані.

Припустимо, що висота польоту БПЛА над місцем аварії  $H=20$  м,  $\alpha$  – кут поля зору камери ( $94^\circ$ ), отже

$$l_m = 2 \cdot 20 \cdot \operatorname{tg} \frac{94^\circ}{2} = 42,88 \text{ м},$$

$$w_m = \frac{2 \cdot 20 \cdot \operatorname{tg} \frac{94^\circ}{2}}{1,77} = 24,23 \text{ м},$$

$$m = \frac{\left(\frac{960}{42,88} + \frac{540}{24,23}\right)}{2} = 22,34 \text{ м},$$

$$S = \frac{4 \cdot 20^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{94^\circ}{2}\right)}{1,77} \approx 1039 \text{ м}^2.$$

Таким чином, після опрацювання цифрового аерознімка, який отримано у результаті аерознімання з висоти польоту БПЛА  $H=20$  м, одержано такі

параметри відзнятої ділянки: довжина ділянки  $l_M = 42,88$  м; ширина  $w_M = 24,23$  м; 1-му метрові ділянки місцевості відповідає 22,34 pixel ортофотоплану; 1039 м<sup>2</sup> охопив БПЛА на даній висоті знімання.

На завантаженому аерознімку після виконання перерахованих дій починається процес нанесення віддалей, які згідно з вимогами [13] необхідно обов'язково відобразити на ортофотоплані місця ДТП. Для цього патрульний поліцейський натискає на початок віддалі один раз: з'являється одна точка на цифровому знімку, натискає другий раз (в іншому місці, зокрема на кінці віддалі), чим фіксується друга точка. Отже, за двома отриманими точками на ортофотоплані розраховується і показується довжина віддалі в метрах.

Після опрацювання аерознімків патрульний поліцейський натискає «Зберегти». У такий спосіб створюється ортофотоплан місця ДТП із розрахованими та нанесеними віддальми на ньому (рис. 3.59);

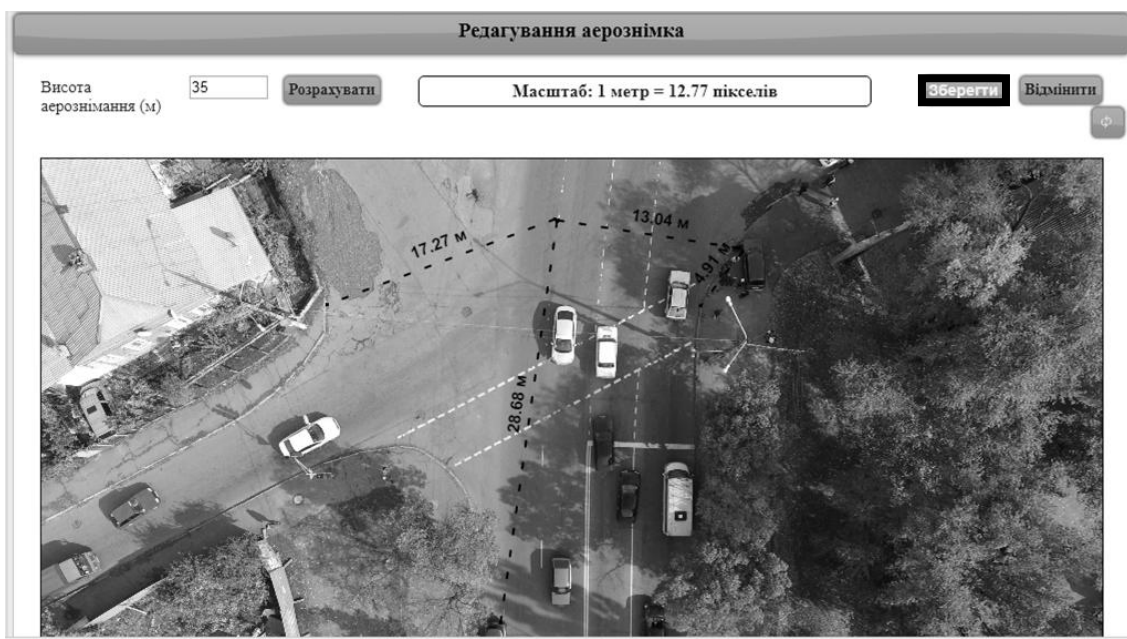


Рис. 3.59. Робоче вікно опрацьованого ортофотоплану місця ДТП

7) поліцейський натискає кнопку «Позначити на карті», відкривається робоче вікно карти, на якій працівник патрульної служби встановлює маркер та пересуває його на потрібну локацію або вводить координати його у відповідні поля (рис. 3.60).

Широта:	<input type="text" value="47.935290588902646"/>
Довгота:	<input type="text" value="33.39985907077789"/>
<input type="button" value="Зберегти"/> <input type="button" value="Відміна"/>	

Рис. 3.60. Робоче вікно «Позначити на карті»

Кінцевим результатом є зареєстроване ДТП, яке зберігається у базі даних веб-порталу.

8) натискає кнопку «Генерувати звіт (PDF)» (рис. 3.61).



Рис. 3.61. Робоче вікно «Генерувати звіт (PDF)»

Згенерований звіт зберігається в комп'ютерному пристрої у файлі звіту (рис. 3.62), який виводиться на друк через портативний принтер та підписується інспектором поліції і учасниками ДТП (рис. 3.63–3.68).



Рис. 3.62. Робоче вікно файлу згенерованого звіту

### 3.5. Приклади використання веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» для оформлення ДТП

Розроблене геоінформаційне забезпечення веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» призначене для збору, реєстрації, картографування, формування та видачі відповідної документації про стан місцевості аварії [128]. Результатом оформлення ДТП на веб-порталі є документація зареєстрованого ДТП, яка включає в себе особисті матеріали учасників ДТП та ортофотоплани місця скоєння аварії (рис. 3.63–3.68).

Реєстрація ДТП

30 травня 2017 р. 13:45

Сторінка №1

#### Повідомлення про дорожньо-транспортну пригоду

Загальні відомості	
Дата та час ДТП:	30 травня 2017 р. 13:45
Місце знаходження:	проїзна частина ву. Володимира Великого
Адміністративний район:	Саксаганський
ПІБ інспектора, що заповнює картку:	Головенко Петро Вадимович
Шкода, заподіяна життю та здоров'ю, навіть якщо вона незначна:	Ні
Шкода, заподіяна майну, крім шкоди транспортним засобам:	Ні
Шкода, завдана об'єктам, крім транспортних засобів:	Ні
Учасники ДТП	
№ з/п	Водій
1	
Прізвище, ім'я:	Піддубний Станіслав Петрович
Дата народження:	5 травня 1977 р.

Адреса:	вул. Володимира Великого, 34/6
Країна:	Україна
Телефон:	0964543677
Номер посвідчення водія:	7554445
Категорія:	В
<b>Транспортний засіб</b>	
Марка, тип:	КІА
Державний реєстраційний номерний знак:	АН3476АІ
Країна реєстрації:	Україна
<b>Причини та обставини</b>	
Обставини ДТП:	відсутні
Причини ДТП:	відсутні
<b>Страховальник / власник полісу (див.сертифікат страхування)</b>	
Прізвище, ім'я, по батькові:	Піддубний Станіслав Петрович
Адреса:	вул. Володимира Великого, 34/6
Поштовий індекс:	50040
Телефон:	0964543677
<b>Страхова компанія (див. сертифікат страхування)</b>	
Назва компанії:	АСКА
Номер поліса:	АК/345655444
Сертифікат або "зелена картка" дійсні з:	18 червня 2016 р.
Сертифікат або "зелена картка" дійсні до:	18 червня 2017 р.
Агентство (або бюро, або брокер):	агенство
Назва агентства:	АСКА
Адреса агентства:	вул. Пушкіна, 41
Країна:	Україна
Телефон:	0564047988
Чи покриває поліс шкоду транспортному засобу:	Так
<b>2</b>	<b>Водій</b>
Прізвище, ім'я:	Собакарь Антон Олегович
Дата народження:	16 листопада 1989 р.
Адреса:	вул. М. Шимановського, 43/39
Країна:	Україна

Реєстрація ДТП

30 травня 2017 р. 13:45

Сторінка №2

Телефон:	0987653413
Номер посвідчення водія:	АЕК566544
Категорія:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D</li> <li>• В</li> <li>• D1</li> </ul>
<b>Транспортний засіб</b>	
Марка, тип:	Автобус Рута
Державний реєстраційний номерний знак:	АН6786АО
Країна реєстрації:	Україна
<b>Причини та обставини</b>	
Обставини ДТП:	Зіткнення із задньою частиною іншого транспортного засобу під час руху в одному і тому ж напрямку та
Причини ДТП:	Недотримання дистанції
<b>Страховальник / власник полісу (див.сертифікат страхування)</b>	
Прізвище, ім'я, по батькові:	Колут Марія Сергіївна
Адреса:	вул. Співдружності, 96/3
Поштовий індекс:	50040
Телефон:	0987654445

<b>Страхова компанія (див. сертифікат страхування)</b>	
Назва компанії:	Інго Україна
Номер поліса:	АВ/654444333
Сертифікат або "зелена картка" дійсні з:	3 лютого 2016 р.
Сертифікат або "зелена картка" дійсні до:	3 лютого 2017 р.
Агентство (або бюро, або брокер):	агенство
Назва агентства:	Інго Україна
Адреса агентства:	вул. Степана Тільги, 15
Країна:	Україна
Телефон:	0564333233
Чи покриває поліс шкоду транспортному засобу:	Ні

<b>Аерознімок</b>		
<b>№ з/п</b>	<b>Унікальна назва знімка</b>	<b>Дата створення</b>
1	aad22b9e38034aa0a178984396aa24bc.png	30 травня 2017р.13:55

**Підпис інспектора:** \_\_\_\_\_ **(Головенко Петро Вадимович)**

**Підпис водія :** \_\_\_\_\_ **(Піддубний Станіслав Петрович)**

**Підпис водія :** \_\_\_\_\_ **(Собакарь Антон Олегович)**

Рис. 3.63. Протокол зареєстрованого ДТП від 30 травня 2017 р., створений на веб-порталі





Рис. 3.66. Ортофотоплан місця ДТП, який створено на веб-порталі



Рис. 3.67. Ортофотоплан місця ДТП, який створено на веб-порталі

### Висновки до розділу 3

1. Запропоновано геоінформаційну технологію на основі веб-портальної архітектури ГІС та сучасних досягнень в сфері мобільного зв'язку та телекомунікаційних технологій для комплексної автоматизації інформаційної підтримки діяльності патрульної поліції в процесі фіксації, реєстрації, аналізу та централізованого збереження інформації щодо дорожньо-транспортних пригод.

2. Розроблено інтерфейс доступу до функцій веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП», який призначено для патрульних поліцейських (Admin) та учасників ДТП, встановлено завдання й вимоги до його

функціонування. Реалізовано функціональні перспективи учасників дорожньо-транспортних пригод та патрульних поліцейських, які забезпечать можливість переглядати інформацію про аварії, оформлювати, редагувати та видаляти дані щодо нового ДТП, генерувати протокол ДТП у pdf-формат.

3. Створено реляційну модель бази даних веб-порталу відповідно до чинних вимог, які на сьогоднішній день висуваються до сучасних програмних продуктів. Визначено вісім сутностей створеної моделі бази даних досліджуваної галузі, охарактеризовано їх первинні ключі, атрибути та ключові поля. На основі трьох типів зв'язків між сутностями побудовано концептуальну та логічну моделі бази даних веб-портала «ІАЦ моніторингу ДТП», подано фактичну комп'ютерну реалізацію БД процесу опрацювання аерознімків з БПЛА на веб-порталі.

4. Розроблено технологічну схему застосування веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» із використанням БПЛА. Подано результати реалізації веб-порталу у вигляді документації зареєстрованих ДТП, яка включає загальну інформацію про аварію та ортофотоплан місця скоєння дорожньо-транспортної пригоди.

## ВИСНОВКИ

У монографії викладено теоретичні узагальнення та відображено практичні результати розв'язання науково-прикладного завдання щодо розроблення геоінформаційної технології реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод з використанням безпілотних літальних апаратів у сучасних умовах.

Основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи такі.

1. На підставі аналізу стану і тенденцій розвитку процесу реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод у розвинених країнах і в Україні встановлено низку проблем, які притаманні технології, що використовується в Україні для реєстрації ДТП: тривалий процес оформлення, складність процедури вимірювання, неможливість за складеними матеріалами додатково досліджувати місце аварії, обмежена точність зображення транспортних засобів та елементів дорожньої ситуації тощо.

Результати проведеного соціального дослідження засвідчили, що учасники дорожнього руху потенційно готові до сприйняття нової технології картографування і реєстрації ДТП, яка створює умови для подолання означених вище проблем.

2. Розроблено технологію картографування і реєстрації дорожньо-транспортних пригод на основі дистанційних методів геодезичних вимірювань і картографування з використанням БПЛА як платформи носія цифрових камер, методів цифрової фотограмметрії та геоінформаційних систем.

За оцінками точності визначення віддалей, обчислених за координатами виконаних знімачь, встановлено, що відносні похибки вимірювання віддалей на ортофотоплані менші 1:2000. Це дає підстави стверджувати про можливість використання БПЛА для знімання невеликих за протяжністю територій та лінійних об'єктів, характерних для картографування дорожньо-транспортних пригод згідно з інструкцією про адміністративні правопорушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху, зафіксовані не в автоматичному режимі.

3. Сформульовано вимоги та зміст етапів технологічної схеми картографування і реєстрації ДТП із використанням безпілотних літальних апаратів, запропоновано функціональну залежність для обчислення оптимального значення висоти польоту БПЛА за параметрами площі території місця аварії та ширини проїзної частини. Досліджено і встановлено основні метеорологічні та ситуаційні обмеження застосування безпілотного апарату для картографування аварій.

4. Виконано оцінювання економічної ефективності застосування технології з використанням БПЛА для картографування ДТП в порівнянні з використанням для таких цілей технології наземного лазерного сканування й електронних тахеометрів, визначено термін капітальних витрат.

5. Розроблено структурно-функціональну модель веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» і технологію її реалізації з використанням інструментальних засобів та об'єктно-реляційної системи керування базами даних.

6. Уперше розроблено концептуальну й логічну моделі бази геопросторових даних веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» з використанням нотацій мови UML, що створює умови для автоматизації робіт з упровадження нових компонентів інформаційних технологій в процесі експлуатації системи.

Концептуальну та логічну моделі створено на множині таких сутностей: протокол про дорожньо-транспортну пригоду, патрульний поліцейський, учасник дорожньо-транспортної пригоди, посвідчення водія, транспортні засоби, страхова компанія, дані про дорожньо-транспортну пригоду, аерознімок, файл про дорожньо-транспортну пригоду та їх атрибутів. Фізичну модель бази даних реалізовано в середовищі СКБД MySQL з використанням програмних засобів і протоколів віддаленого доступу до бази даних за технологією веб-порталу.

7. Розроблено й обґрунтовано поетапну технологічну схему картографування дорожньо-транспортних пригод із використанням БПЛА, яка призначена для опрацювання матеріалів на веб-порталі та формування даних у вигляді протоколу, який містить загальну інформацію про аварію й ортофотоплан місця скоєння ДТП.

8. Результати опрацювання матеріалів, які отримано за результатами експериментальних досліджень, залучено до справ дорожньо-транспортних пригод, що зареєстровані у відділі Управління патрульної поліції у м. Кривому Розі.

Розроблену геоінформаційну технологію реєстрації та картографування ДТП із використанням безпілотних літальних апаратів впроваджено в практику діяльності Акціонерної страхової компанії «ІНГО Україна».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Управління Державної автомобільної інспекції в Дніпропетровській області [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gaidp.gov.ua/pro-da-krivogo-rogu.html>.
2. Упрощенное оформление дорожно-транспортных происшествий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dtp-profi.ru/page3.html>.
3. Бесчастный В. М. Основы безопасности дорожного руху / В. М. Бесчастного – К.: Знання, 2007. – 312 с.
4. Байэтт Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий / Р. Байэтт, Р. Уоттс. – М.: Транспорт, 1983. – 288 с.
5. Голубєва Г. К. Адміністративно-правова кваліфікація порушень водіями правил експлуатації автотранспортних засобів: дис. ... кандидата техн. наук: 12.00.07 / Галина Кирилівна Голубєва. – Ірпінь, 2008 – 233 с.
6. Лановий О. Т. Дисертація. Теоретичні основи та практичні методи забезпечення умов безперервного, безпечного та зручного руху транспортних потоків мережею автомобільних доріг: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.01 / Олександр Тимофійович Лановий. – К., 2017. – 399 с.
7. Салманова О. Ю. Адміністративно-правові засоби забезпечення міліцією безпеки дорожнього руху: дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.07 / Олена Юріївна Салманова. Харків, 2002. – 220 с.
8. Александров А. П. Разработка методики автоматизированного анализа дорожно-транспортных происшествий: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Александр Петрович Александров. – СПб, 2010. – 201 с.
9. Белятынский А. А. Применение наземной стереофотограмметрии для фиксации последствий ДТП / А. А. Белятынский, С К. Омельчук // Автодорожник Украины, техника. – 1980. – № 2. – С. 49 – 50.
10. Дерех З. Д. Розробка методичних основ геоінформаційного картографування та аналізу дорожньо-транспортних подій: дис. ... канд. техн. наук: 05.24.01 / Зіновій Дмитрович Дерех. – К., 2001. – 167 с.
11. Степина П. А. Разработка методики совершенствования автотехнической экспертизы дорожно-транспортных происшествий: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Полина Александровна Степина. – СПб, 2010. – 165 с.
12. Редзюк А. М. Основні напрямки вдосконалення управління безпекою дорожнього руху / А. М. Редзюк // Перевізник. – 2016. – № 6. – С. 11 – 13.
13. Постанова Міністрів внутрішніх справ України № 1395 від 07.11.2015 р. Про затвердження Інструкції про адміністративні правопорушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху, зафіксовані не в автоматичному режимі.
14. Патент України на корисну модель UA 111352 U, G08G 1/00, G03B 15/00.Спосіб фіксування дорожньо-транспортної пригоди / Ю. Ю. Атаманенко, О. Є Куліковська. – № u 2016 04208; заявл. 18.04.2016; опубл. 10.11.2016. – Бюл. № 21/2016. – С. 4.
15. Дерех З. Д. Вимоги до геоінформаційного забезпечення та методів реєстрації дорожньо-транспортних пригод при створенні спеціалізованих

картографічних матеріалів / З. Д. Дерех, В. С. Староверов // Вісник геодезії та картографії. – 1999. – № 3 (14). – С. 31 – 34.

16. Калантаров Е. И. Универсальные методы цифровой фотограмметрии / Е. И. Калантаров, А. В. Говоров, Д. А. Никишин // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2003. – № 6. – С. 47 – 55.

17. Бондаренко А. А. Правовые и технико-криминалистические особенности применения фотограмметрических методов для фиксации обстановки места дорожно-транспортных происшествий: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. юрид. наук: спец.12.00.09 “Уголовный процесс; криминалистика и судебная экспертиза; оперативно-розыскная деятельность” / А. А. Бондаренко. – Волгоград, 2008. – 20 с.

18. Куліковська О. Є. Аналіз новітніх технологій у фіксуванні дорожньо-транспортних пригод у Криворізькому регіоні / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг, 2014. – № 37. – С. 172 – 176.

19. Калантаров Е. И. Универсальные методы цифровой фотограмметрии. / Е. И. Калантаров, А. В. Говоров, Д. А. Никишин // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2003. – №6. – С. 47 – 55.

20. Фиксация обстановки на местах дорожно-транспортных происшествий с помощью цифровой фотосъемки [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://фотомер.рф/>.

21. Наземне лазерне сканування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://izt.kiev.ua>.

22. Неволин А. Г. Трехмерное лазерное сканирование и моделирование объектов / А. Г. Неволин // ФГБОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – 2012. – С. 2 – 8.

23. Connect the remote controller to the DJI Phantom 4/3 Professional [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.analistgroup.com>.

24. Куліковська О. Є. Перспективи використання програм обробки даних лазерного сканування в картографуванні ДТП / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Інженерна геодезія. – К.: КНУБА, 2015. – Вип. 62. – С. 91 – 97.

25. Куліковська О. Є. Дослідження можливостей програмних комплексів для картографування та аналізу дорожньо-транспортних пригод / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Качество минерального сырья. – Кривой Рог, 2014. – С. 334 – 341.

26. ГеоКонтинент – Trimble RealWorks Survey [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www.geokontinent.ru](http://www.geokontinent.ru).

27. Компания «КМС» 4 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kmcgeo.com>.

28. Середович В. А. Наземное лазерное сканирование: [монография] / В. А. Середович, А. В. Комиссаров, Д. В. Комиссаров, Т. А. Широкова // Новосибирск: СГГА. – 2009. – С. 89 – 100.

29. ГИС Ассоциация. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://gisa.ru>.

30. Фотограмметрия. Научно-производительное предприятие [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www.scanimage.ru](http://www.scanimage.ru).

31. УкрГеоПроект. Геодезичні прилади та інструменти. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ukrgeo.com.ua>.

32. Лазерне сканування автодороз у Санк – Петербурзі [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://scbist.com>.

33. Куліковська О. Є. Науково-технічний прогрес у фіксуванні дорожньо-транспортних пригод геодезичними методами / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Сталий розвиток промисловості та суспільства: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 20–22 травня 2014. – Кривий Ріг, 2014. – Том 1. – С. 16 – 17.

34. Куліковська О. Є. Порівняльний аналіз програмних комплексів опрацювання даних лазерного сканування / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Розвиток промисловості та суспільства: матеріали міжнар. наук.-техн. конф., 25–27 травня 2016. – Кривий Ріг, 2016. – Том 1. – С. 92.

35. Городокин В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий, осмотр места ДТП, схема места ДТП / В. А. Городокин, А. Е. Вязовский. – Челябинск, 2010. – С. 14 – 27.

36. Староверов В. С. Вимоги до геоінформаційного забезпечення та методів реєстрації ДТП при створенні спеціалізованих картографічних матеріалів / В. С. Староверов, З. Д. Дерех // Вісник геодезії та картографії. – № 3. – С. 31 – 34.

37. Печкина В. А. Основы обеспечения безопасности дорожного движения / В. А. Печкина – Иркутск ИрГТУ, 1999. – 138 с.

38. Дерех З. Д. Выбор масштаба при составлении планов дорожно-транспортных происшествий стереофотограмметрическим методом / З. Д. Дерех // Инженерная геодезия. – 1986. – № 29. – С. 27 – 28.

39. Куликовская О. Е. Оптимальная область применения современных технологий – беспилотных летательного аппаратов (БПЛА) / О. Е. Куликовская, Ю. Ю. Атаманенко // Качество минерального сырья – Кривой Рог, 2017. – С. 617 – 623.

40. Глотов В. Порівняльний аналіз застосування програмних пакетів Pix 4D та Agisoft Photo Scan для опрацювання цифрових зображень, отриманих з БПЛА / В. Глотов, А. Гуніна, Б. Довбиш // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2018. – Вип. I (35). – С. 146 – 152.

41. Куликовская О. Е. Автоматизированные системы для решения задач горного дела / О. Е. Куликовская, Ю. Ю. Атаманенко // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 14-й междунар. науч.-техн. конф. – Минск, 2016. – Том 3. – С. 180.

42. Куликовская О. Е. Оптимальная область применения современных БПЛА – технологий / О. Е. Куликовская, Ю. Ю. Атаманенко // World science: international scientific and practical conference – Dubai, UAE, 2017. – P. 30 – 34.

43. Глотов В. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів / В. Глотов, А. Гуніна // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2014. – Вип. II (28). – С. 65 – 70.

44. Компания «Лимб» успешно завершила испытания комплексов аэрофотосъемки на базе БПЛА «Орлан – 10» [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://expo-geod.ru>.

45. Кудравец Д. А. Применение малой авиации в землеустройстве и мониторинге земель / Д. А. Кудравец, О. А. Ткачева // Международный студенческий электронный научный вестник. – 2016. – Вып. 4 (4). – С. 532 – 534.

46. Оника С. Г. Использование беспилотных летательных аппаратов для решения инженерных задач маркшейдерии и геодезии / С. Г. Оника, О. Е. Куликовская, Ю. Ю. Атаманенко // Горная механика и машиностроение. – Республика Беларусь, 2018. – № 2. – С. 15 – 21.

47. Радиоуправляемые модели вертолётов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [zakaz@rc-today.ru](mailto:zakaz@rc-today.ru).

48. Куліковська О. Є. Технічні можливості застосування безпілотної мобільної моделі для фіксування дорожньо-транспортних пригод / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2015. – Вип. I (29). – С. 84 – 86.

49. Куліковська О. Є. Автоматизація процесу фіксування дорожньо-транспортних пригод безпілотною моделлю / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Сталий розвиток промисловості та суспільства: матеріали міжнар. наук.-техн. конф., 20–22 травня 2015. – Кривий Ріг, 2015. – Том 1. – С. 29 – 30.

50. Щоденник погоди за грудень у Кривому Розі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [data@gismeteo.ru](mailto:data@gismeteo.ru).

51. Куліковська О. Є. Спосіб визначення лінійних елементів зйомки місцевості безпілотною моделлю / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко, О. С. Намінат // Гірничий вісник. – Кривий Ріг, 2016. – № 101. – С. 41 – 45.

52. Spotlight Pro 10 – професійний редактор [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://soft.oszone.net/program/11015/Spotlight>.

53. Куліковська О. Є. Особливості методики фіксування дорожньо-транспортної пригоди безпілотною моделлю DJI PHANTOM 3 PROFESSIONAL / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Шляхи вирішення проблем експлуатації спеціалізованих автотранспортних засобів: матеріали Всеукр. наук.-техн. конф., 20–21 жовтня 2016 р. – Кривий Ріг, 2016. – С. 12 – 14.

54. Куліковська О. Є. Методика геодезичного забезпечення фіксування дорожньо-транспортних пригод безпілотною моделлю / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко, І. Р. Куліковський // Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти: зб. матеріалів XI міжнар. наук.-практ. конф., 22 листопада 2016. – Кривий Ріг, 2017. – С. 139 – 143.

55. DJI Phantom 3: улучшенный Фантом 2 с камерой 4K [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://quadrocoptery.ru>.

56. Инструкция пользователя Phantom 3 Professional [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://quadrone.ru>.

57. Городокин В. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий, осмотр места ДТП, схема места ДТП / В. А. Городокин, А. Е. Вязовский // Издательский центр ЮУрГУ. – 2010. – С. 14 – 27.

58. Балакин В. Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий / В. Д. Балакин // Издательство СибАДИ. – 2005. – 138 с.

59. Михайлов А. П. О применении цифровых фотокамер со шторно-щелевым затвором для выполнения аэрофотосъемки с легкомоторных и беспилотных летательных аппаратов / А. П. Михайлов, Э. Р. Монтель Андраде, П. В. Мануэль де Хесус // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4. – С. 30 – 32.

60. Чибуничев А. Г. Исследование точности фототриангуляции с использованием различных методов лабораторной и полевой калибровки / А. Г. Чибуничев, В. М. Курков, А. В. Говоров, А. В. Смирнов, В. А. Михалин // Космическая съемка. Аэрофотосъемка и фотограмметрия. – 2016. – № 2. – С. 42 – 47.

61. Быков А. Л. Особенности полевой калибровки цифровых фотокамер по снимкам равнинного испытательного полигона / А. Л. Быков, В. Л. Быков, Л. В. Быков // Наука о Земле. – 2016. – Вып. 3 (23). – С. 149 – 154.

62. Малишева Ю. О. Інтегрована система навігації та орієнтації літального апарату з оптичними приладами: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.03 / Юлія Олександрівна Малишева. – К.: КНУБА, 2016. – 116 с.

63. Атаманенко Ю. Ю. Оцінка точності визначення відстаней за результатами опрацювання аерознімків з БПЛА / Ю. Ю. Атаманенко // Інженерна геодезія. – К.: КНУБА, 2017. – Вип. 64. – С. 89 – 99.

64. Федоров Д. Digitals. Использование в геодезии, картографии и землеустройстве / Д. Федоров // Публикация ООО «Аналитика». – 2015. – 354 с.

65. Statistica\_10. Обзор методов анализа и руководство пользователя. StatSoft. – 2001. – 225 с.

66. Иванова И. А. Решение геологических задач с применением программного Р47 пакета Surfer: практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология» / И. А. Иванова, В. А. Чеканцев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 92 с.

67. Куліковська О. Є. Результати калібрування камери БПЛА за аерознімками тестового полігона / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко, О. К. Копайгора // Інженерна геодезія. – К.: КНУБА, 2018. – Вип. 65. – С. 218 – 226.

68. Алтынов А. Е. Особенности аэрофотосъемочного комплекса на базе беспилотного летательного аппарата вертолетного типа / А. Е. Алтынов, В. К. Барбасов, М. С. Батаев, Н. М. Гаврюшин, Д. О. Дрыга // Инженерные изыскания. – 2013. – № 9. – С. 36 – 40.

69. Барбасов В. К. Многопорторные беспилотные летательные аппараты и возможности их использования для дистанционного зондирования Земли / В. К. Барбасов, М. Н. Гаврюшин, Д. О. Дрыга [и др.] // Инженерные изыскания. – 2012. – № 10. – С. 38 – 42.

70. Галецький В. Аналіз експериментальних робіт з створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосування БПЛА / В. Галицький, В. Глотов, В. Колесніченко, О. Прохорчук, А. Церклевич // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2012. – № 76. – С. 85 – 93.

71. БПЛА: застосування в цілях аерофотознімання для картографування. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.uasresearch.com.UserFILES/156-181Referens-SectionUASAll-Categories&Classes.pdf>.
72. Куліковська О. Є. Результати застосування БПЛА у геодезичних вимірюваннях на дослідному полігоні / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2018. – Вип. I (35). – С. 152 – 157.
73. Руководство по эксплуатации. Электронный тахеометр серии GTS-230 (GTS-233, GTS-35, GTS-236, GTS-239). – Москва, 2003. – 173 с.
74. Руководство по эксплуатации. GPS-приемник TOPCON Hiper+. – Москва, 2006. – 162 с.
75. Большаков В.Д. Теория ошибок наблюдений: учеб. для вузов / В. Д. Большаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1983. – 223 с.
76. Большаков В. Д. Уравнивание геодезических построений: справочное пособие / В. Д. Большаков, Ю. И. Маркузе, В. В. Голубев. – М.: Недра, 1980. – 413 с.
77. Войтенко С. П. Математична обробка геодезичний вимірів. Теорія похибок вимірів: навч. посіб. / С. П. Войтенко. – К.: КНУБА, 2003. – 216 с.
78. Рябчій В. А. Ймовірно-математичний аналіз обмеженої кількості результатів нерівно точних вимірів однієї величини / В. А. Рябчій, В. В. Рябчій // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. пр. Зах. Геод. т-ва УТГК. – Л.: Вид-во Львівської політехніки. – 2013. – Вип. II. – С. 25 – 30.
79. Гайдаев П. А. Теория математической обработки геодезических измерений / П. А. Гайдаев, В. Д. Большаков. – М.: Недра, 1969. – 400 с.
80. Мазмишвили А. И. Теория ошибок и метод наименьших квадратов / А. И. Мазмишвили. – М.: Недра, 1978. – 311 с.
81. Основи математичного опрацювання геодезичних вимірювань / П. М. Зазуляк, В. І. Гавриш, Е. М. Євсєєва, М. Д. Йосипчук. – Львів, 2007. – 408 с.
82. Куліковська О. Є. Статистична оцінка ряду вимірюваної відстані між марками на аерофотознімку з БПЛА / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Розвиток промисловості та суспільства: матеріали міжнар. наук.-техн. конф., 24–26 травня 2017. – Кривий Ріг, 2017. – С. 78.
83. Пилипенко Є. О. Автоматизація технології реєстрації дорожньо-транспортної пригоди / Є. О. Пилипенко, Ю. Ю. Атаманенко // Актуальні питання забезпечення публічної безпеки, порядку в сучасних умовах: поліція та суспільство – стратегії розвитку в взаємодії: зб. тез доповідей Всеукр. наук.-практ. конф., 18 травня 2018 р. – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2018. – С. 371 – 373.
84. Галецький В. Аналіз експериментальних робіт з створення великомасштабних планів сільських населених пунктів при застосуванні БПЛА / В. Галицький, В. Глотов, В. Колесніченко, О. Прохорчук, А. Церклевич // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2012. – № 76. – С. 85 – 93.
85. Рабинович Ф. Д. Обработка снимков фототеодолитной съемки на стереопаре СПР-2 / Ф. Д. Рабинович // Геодезия и картография. – 1976. – 264 с.
86. Даник Ю. Г. Вимоги до оптичної системи та процесу обробки цифрових зображень апаратурою безпілотного літального апарата / Ю. Г. Даник, М. М. Проценко // Вісник ЖДТУ. – 2013. – Вип. 1. – С. 42 – 47.

87. Кузнецов А. Г. Повышение точности оценки координат малогабаритного беспилотного летательного аппарата с использованием системы технического зрения: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Андрей Григорьевич Кузнецов. – М.: МАИ, 2011. – 152 с.

88. Биен Л. К. Обзорная информационная система беспилотного летательного аппарата экологического мониторинга прибрежных районов: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Ле Ки Биен. – СПб: БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, 2004. – 149 с.

89. Шалыгин А. С. Методы моделирования ситуационного управления беспилотных летательных аппаратов. / А. С. Шалыгин, А. В. Ноздрачева, Л. Н. Лысенко – М.: Машиностроение, 2012. – 584 с.

90. Нгуен Ч. Ш. Учет влияния метеорологических возмущений при интерактивном управлении движением легкого дистанционно-пилотируемого летательного аппарата в сложных погодных условиях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.07.09 “Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов” / Чонг Шам Нгуен. – Москва, 2015. – 16 с.

91. Абрамович А. А. Прогнозирование воздушных потоков: руководство по прогнозированию метеорологических условий / А. А. Абрамович // Л.: Лен. Типография. – 1985. – С. 49 – 50.

92. Горбунов А. А. Влияние метеорологических факторов на применение и безопасность полёта беспилотных летательных аппаратов с бортовым ретранслятором радиосигнала / А. А. Горбунов, А. Ф. Галимов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V82/2.pdf>.

93. Куліковська О. Є. Дослідження впливу метеорологічних факторів на аерознімання з БПЛА під час виконання геодезичних робіт / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Геопростір: зб. тез доповідей III міжнар. наук.-техн. конф., 4-6 грудня 2017. – Київ, 2017. – С. 43 – 46.

94. Пахомов М. Исследование экономической эффективности инновационного оборудования / М. Пахомов, А. Кореняко, Е. Пахомова. – Москва: РГТУ, 2012. – 152 с.

95. Покропивного С. Ф. Економіка підприємства / Покропивного С. Ф. – К.: КНЕУ, 2000. – 528 с.

96. Коліщева Н., Балашова Р., Гураль В. Аналітичні підходи до оцінки ефективності діяльності підприємства / Н. Коліщева, Р. Балашова, В. Гураль // Економіст. – 2000. – № 12. – С. 44 – 47.

97. Дерех З. Д. Експертні геоінформаційні системи прийняття рішень в організації дорожнього руху / З. Д. Дерех, А. А. Лященко // Науково-технічний вісник безпека дорожнього руху України. – 2000 – №1 (6). С. 63 – 72.

98. Лященко А. А. Функціональна модель автоматизованої системи контролю та оцінювання якості геопросторових даних / А. А. Лященко, М. В. Горковчук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. нау. пр. – Львів, 2014. – Вип. 1 (27). – С. 103 – 108

99. Лященко А. А. Сервіс-орієнтована архітектура кадастрових геоінформаційних систем та кадастрових геопорталів / А. А. Лященко, Ж. В. Форосенко, А. Г. Черін // Вісник геодезії та картографії. – 2011. – № 1. – С.

35 – 43.

100. Лященко А. А. Архітектура сучасних ГІС на основі баз геопросторових даних / А. А. Лященко, А. Г. Черін // Вісник геодезії та картографії. – 2011. – №5. – С. 45 – 50.

101. Еталонна модель архітектури геопорталу та засоби її реалізації / А. А. Лященко, А. Г. Черін // Науково-технічний збірник. Вип. 54: Інженерна геодезія. К.: КНУБА, 2008. – С. 124 – 134.

102. Куліковська О. Є. Структурно-функціональна модель веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Безпека на дорозі: зб. тез доповідей круглого столу, 24 травня 2018 р. – Кривий Ріг, 2018. – С. 94 – 97.

103. Кошкарев А. В. Геопортал как инструмент управления пространственными данными и геосервисами / А. В. Кошкарев // Журнал инфраструктура пространственных данных. – 2008. – № 2. – С. 95 – 104.

104. Черін А. Г. Стандартизація геоінформаційних сервісів / А. Г. Черін // Вісник геодезії та картографії. – 2009 – № 4 (61). – С. 34 – 39.

105. Структура сайтов (топология сайтов) [Электронный ресурс]: / NiceSites – Режим доступа: [www/ URL: http://www.nicesites.ru/na-zametku/struktura-saitov/](http://www.nicesites.ru/na-zametku/struktura-saitov/) 20.11.2017р. – Загл. с экрана.

106. Yii [Электронный ресурс]: / YII FRAMEWORK – Режим доступа: <https://Yii framework.com.ua>.

107. Никсон Р. «Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript и CSS» / Р. Никсон. – Санкт-Петербург, 2013. – 356 с.

108. Петцольд Ч. «Программирование для Microsoft Windows 8. Разработка приложений для Windows 8 на HTML5 и JavaScript (комплект из 2 книг)» / Ч. Петцольд, Д. Эспозито. – Санкт-Петербург, 2014. – 492 с.

109. Бенкен Е. «PHP, MySQL, XML. Программирование для Интернета» / Е. Бенкен. – БХВ-Петербург, 2013. – 352 с.

110. Лященко А. А. ГІС+ Internet: досягнення, перспективи і проблеми / А. А. Лященко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2003. – С. 195 – 200.

111. Карпінський Ю. О. Від інфраструктури картографічного виробництва до інфраструктури геопросторових даних / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко // Розвиток тематичної складової інфраструктури геопросторових даних в Україні. – 2011. – С. 39 – 61.

112. Рунець Р. В. Структура та функції бази даних електронного каталогу топографічних об'єктів / Р. В. Рунець, А. Г. Черін // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 3. – С. 31 – 35.

113. Лазоренко-Гевель Н. Ю. Геоінформаційний моніторинг природних комплексів України: дис. ... канд. техн. наук: 05.24.01 / Надія Юріївна Лазоренко-Гевель. – К., 2013. – 215 с.

114. Карпінський Ю. О. Еталонна модель бази топографічних даних / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Р. В. Рунець // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 2. – С. 28 – 36.

115. Карпінський Ю. О. Методи збирання геопросторових даних для

топографічного картографування / Ю. О. Карпінський, Н. Ю. Лазоренко-Гевель // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2018. – Вип. I (35). – С. 204 – 212.

116. Лященко А. А. Методологічні основи та інформаційно-технологічні моделі інфраструктури геопросторових даних міських кадастрових систем: дис. ... доктора тех. наук: 05.24.04 / Анатолій Антонович Лященко. – К., 2003. – 338 с.

117. Лурье И. К. Структура и содержание базы пространственных данных для мультимасштабного картографирования / И. К. Лурье, Т. Е. Самсонов // Геодезия и картография. – 2010. – № 11. – С. 17 – 23.

118. Тхуреин К. Л. Использование технологий баз данных для системной интеграции гетерогенных комплексов научных вычислений: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.15 / Киев ЛИН Тхуреин. – СПб, 2012. – 142 с.

119. Компания MySQL AB. MySQL. Справочник по языку / – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 432 с.

120. Кейк Д. Геоінформаційні технології та інфраструктура геопросторових даних: у шести томах. Том 2: Системи керування базами геоданих для інфраструктури просторових даних. Навчальний посібник / Кейк Д., Лященко А., Путренко В., Хмелевський Ю., Дорошенко К., Говоров М. – К.: Планета-Прінт, 2017. – 456 с.

121. Лященко А. А. Онтологічний підхід до створення каталогу бази топографічних даних / А. А. Лященко, Р. М. Рунець // Науково-технічний збірник. Вип. 54: Інженерна геодезія. К.: КНУБА, 2008. – С. 116 – 123.

122. Карпінський Ю. О. Склад і принципи розроблення національного профілю стандартів з географічної інформації / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Ясуюкі Окада // Науково-технічний збірник. Вип. 63: Інженерна геодезія. К.: КНУБА, 2016. – С. 110 – 121.

123. Лященко А. А. Особливості реалізації стандартів доступу до баз геопросторових даних в середовищі універсальних СКБД / А. А. Лященко, Д. В. Горковчук // Збірник тез доповідей Першої міжнародної науково-технічної конференції "Геопростір 2015", К.: КНУБА, 2015. – С. 31 – 34.

124. Реляційна модель даних [Електронний ресурс]: / Реляційна модель даних. Поняття реляційної БД. – Режим доступу: <http://stud.com.ua>.

125. СОУ 742-33739540 0011:2010 «Комплекс стандартів База топографічних даних Каталог об'єктів і атрибутів». – К., 2010. – 200 с.

126. Kulikovska O. Y. Innovative solution of mapping process of accident site / O. Y. Kulikovska, Y. Y. Atamanenko, O. K. Kopyahora // East European Scientific Journal. – Warsaw, Poland. – 2018. – № 3 (31). – Part 3. – P. 15 – 22.

127. Катушков В. О. Технологія наземного знімання для складання фронтальної інформації крупних масштабів / В. О. Катушков, Б. І. Денисюк // Інженерна геодезія. – К.: КНУБА, 2014. – Вип. 60. – С. 102 – 110.

128. Куліковська О. Є. Методика опрацювання матеріалів аерознімання дорожньо-транспортних пригод на веб-порталі «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти: зб. матеріалів XII міжнар. наук.-практ. конф., 17 листопада 2017 р. – Кривий Ріг, 2017. – С. 140 – 142.

## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А

**НАЦІОНАЛЬНА ПОЛІЦІЯ  
УКРАЇНИ  
УПРАВЛІННЯ ПАТРУЛЬНОЇ  
ПОЛІЦІЇ В МІСТІ  
КРИВОМУ РОЗІ  
ДЕПАРТАМЕНТУ  
ПАТРУЛЬНОЇ ПОЛІЦІЇ**

вул. Волгоградська, 11, м. Кривий Ріг, 50069,  
kryvyi\_rih@patrol.police.gov.ua

20.10.2016 № 2719/41/35/01-2016  
На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

В.о. ректора Державного  
вищого навчального закладу  
«Криворізький національний  
університет»  
Ступніку М.І.

Згідно дозволу № 2151/41/35/02-2016 від 21.09.2016 року начальника Управління патрульної поліції в місті Кривому Розі Департаменту патрульної поліції Ткаченко В.Ю., аспіранткою кафедри геодезії ДВНЗ «Криворізький національний університет» Атаманенко Юлією Юріівною було проведено експериментальні випробування фіксування та картографування дорожньо-транспортних пригод мобільними безпілотними моделями. Результати опрацювання фотоматеріалів, які отримані внаслідок дослідних експериментів, були долучені до справ відповідних дорожньо-транспортних пригод у місті Кривому Розі.

Відповідно до ст. 24 Закону України «Про захист персональних даних» від 01.06.2010 року № 2297-VI володільці, розпорядники персональних даних та треті особи зобов'язані забезпечити захист цих даних від випадкових втрати або знищення, від незаконної обробки, у тому числі незаконного знищення чи доступу до персональних даних.

Порушення законодавства про захист персональних даних тягне за собою відповідальність, встановлену законом.

Начальник управління



В.Ю. Ткаченко

## ДОДАТОК Б

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Директор Криворізької філії  
 закритого акціонерського  
 товариства  
 акціонерської страхової компанії  
 «ІНГО Україна»



М. Г. Босняк

## АКТ

**про впровадження наукових розробок та положень дисертаційного дослідження здобувача кафедри геодезії ДВНЗ «Криворізького національного університету» Атаманенко Юлії Юрївни на тему: «Геоінформаційна технологія реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод з використанням безпілотних літальних апаратів»**

№ 47

«28» жовтня 2016 р.

Згідно дозволу № 23 від 21.10.2016 року акціонерської страхової компанії «ІНГО Україна», аспіранткою кафедри геодезії ДВНЗ «Криворізький національний університет» Атаманенко Юлією Юрївною проведено експериментальні випробування реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод з використанням безпілотних літальних апаратів під час виїздів експертного комісара страхової компанії «ІНГО Україна» на місця скоєних аварій.

Отримані аерознімки опрацьовані відповідно до нормативних вимог складання схем ДТП, які зазначено Міністерством внутрішніх справ України у наказі № 1395 від 07.11.2015 р. «Про затвердження Інструкції з оформлення поліцейськими матеріалів про адміністративні правопорушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху, зафіксовані не в автоматичному режимі» та долучені до звітності справ ДТП клієнтів, які обслуговуються у страховій компанії.

Розроблена геоінформаційна технологія спрямована на вдосконалення процесу реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод у сучасних умовах та впроваджена в діяльність АСК «ІНГО Україна».

## ДОДАТОК В







# ДОДАТОК Д

**ПОВІДОМЛЕННЯ ПРО ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНУ ПРИГОДУ** Сторінка 1/2

1. Дата пригоди	Час	2. Місце заходження: Країна:	Місце:	3. Шкода, заподіяна життю та здоров'ю, назвіть видор незначення Н <input type="checkbox"/> Так <input type="checkbox"/>
4. Шкода, заподіяна майну крім засобу транспортних засобів А та В Н <input type="checkbox"/> Так <input type="checkbox"/>		об'єктам, крім транспортних засобів Н <input type="checkbox"/> Так <input type="checkbox"/>		5. Свідок: прізвища, адреса, тел.:

<p><b>ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ А</b></p> <p>6. Страховальник / власник полісу (див. сертифікат страхування) ПРІЗВИЩЕ: _____ Ім'я: _____ Адреса: _____ Поштовий індекс: _____ Країна: _____ Тел. або e-mail: _____</p> <p>7. Транспортний засіб</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>автомобіль</th> <th>мотоцикл</th> </tr> <tr> <td>Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації</td> <td>Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації</td> </tr> </table> <p>8. Страхова компанія (див. сертифікат страхування) НАЗВА: _____ Номер полісу: _____ Номер «зеленої картки»: _____ Сертифікат страхування або «зелена картка» дійсн з _____ до: _____ Агентство (або бюро, або брокер): _____ НАЗВА: _____ Адреса: _____ Країна: _____ Тел. або e-mail: _____ Чи покриває поліс виходу транспортного засобу? Н <input type="checkbox"/> Так <input type="checkbox"/></p> <p>9. ВОДИЙ (див. посвідчення водія) ПРІЗВИЩЕ: _____ Ім'я: _____ Дата народження: _____ Адреса: _____ Країна: _____ Тел. або e-mail: _____ Номер посвідчення водія: _____ Категорія (А, В, ...): _____ Посвідчення водія діє до: _____</p>	автомобіль	мотоцикл	Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації	Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації	<p><b>12. ОБСТАВИНИ</b></p> <p>↓ А</p> <p>Поставте хрестик у кожній відповідній клітинці, щоб допомогти пояснити сцену * вказується, куди необхідно</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> 1 * під час стоянки / зупинки</td> <td>1</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 2 * під час виходу з місця стоянки / під час відкривання дверей</td> <td>2</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 3 під час заїзду на місце стоянки</td> <td>3</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 4 під час виходу з апаротонки, з припарков. ділячок, з пультів (жолт)</td> <td>4</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 5 під час заїзду на апаротонку, на приватні ділячки, на пультів (жолт)</td> <td>5</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 6 під час заїзду на перехрестя з круговим рухом</td> <td>6</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 7 під час руху по перехрестю з круговим рухом</td> <td>7</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 8 зіткнення із задньою частиною іншого транспортного засобу під час руху в одному і тому ж напрямку та по одній і тій же смугі</td> <td>8</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 9 під час руху в одному і тому ж напрямку, але в іншій смугі</td> <td>9</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 10 під час зміни смуги</td> <td>10</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 11 під час обгону</td> <td>11</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 12 під час повороту праворуч</td> <td>12</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 13 під час повороту ліворуч</td> <td>13</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 14 під час руху заднім ходом</td> <td>14</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 15 під час виходу на смугу зустрічного руху</td> <td>15</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 16 під час виходу справа (на схрещенні доріг)</td> <td>16</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> 17 під час порушення знаку переваги руху або червоного світла</td> <td>17</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <p>← вкажіть кількість відрітків хрестиком клітинок →</p> <p><small>Можуть бути відзначені обидва варіанти</small>  <small>1 - в екстрених ситуаціях, 2 - в аварійних ситуаціях при стоянці або зупинці, як правило при виході з парковки</small></p> <p>10. Схеми пригоди, коли сталось зіткнення</p> <p><small>1 - зустрічне зіткнення, 2 - протилежний бік транспортного засобу А, 3 - бік розбіжності руху автомобілів, 4 - доріжки, 5 - зустрічний бік доріг</small></p>	<input type="checkbox"/> 1 * під час стоянки / зупинки	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 2 * під час виходу з місця стоянки / під час відкривання дверей	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 3 під час заїзду на місце стоянки	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 4 під час виходу з апаротонки, з припарков. ділячок, з пультів (жолт)	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 5 під час заїзду на апаротонку, на приватні ділячки, на пультів (жолт)	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 6 під час заїзду на перехрестя з круговим рухом	6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 7 під час руху по перехрестю з круговим рухом	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 8 зіткнення із задньою частиною іншого транспортного засобу під час руху в одному і тому ж напрямку та по одній і тій же смугі	8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 9 під час руху в одному і тому ж напрямку, але в іншій смугі	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 10 під час зміни смуги	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 11 під час обгону	11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 12 під час повороту праворуч	12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 13 під час повороту ліворуч	13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 14 під час руху заднім ходом	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 15 під час виходу на смугу зустрічного руху	15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 16 під час виходу справа (на схрещенні доріг)	16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 17 під час порушення знаку переваги руху або червоного світла	17	<input type="checkbox"/>	<p><b>ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ В</b></p> <p>6. Страховальник / власник полісу (див. сертифікат страхування) ПРІЗВИЩЕ: _____ Ім'я: _____ Адреса: _____ Поштовий індекс: _____ Країна: _____ Тел. або e-mail: _____</p> <p>7. Транспортний засіб</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>автомобіль</th> <th>мотоцикл</th> </tr> <tr> <td>Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації</td> <td>Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації</td> </tr> </table> <p>8. Страхова компанія (див. сертифікат страхування) НАЗВА: _____ Номер полісу: _____ Номер «зеленої картки»: _____ Сертифікат страхування або «зелена картка» дійсн з _____ до: _____ Агентство (або бюро, або брокер): _____ НАЗВА: _____ Адреса: _____ Країна: _____ Тел. або e-mail: _____ Чи покриває поліс виходу транспортного засобу? Н <input type="checkbox"/> Так <input type="checkbox"/></p> <p>9. ВОДИЙ (див. посвідчення водія) ПРІЗВИЩЕ: _____ Ім'я: _____ Дата народження: _____ Адреса: _____ Країна: _____ Тел. або e-mail: _____ Номер посвідчення водія: _____ Категорія (А, В, ...): _____ Посвідчення водія діє до: _____</p>	автомобіль	мотоцикл	Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації	Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації
автомобіль	мотоцикл																																																												
Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації	Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації																																																												
<input type="checkbox"/> 1 * під час стоянки / зупинки	1	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 2 * під час виходу з місця стоянки / під час відкривання дверей	2	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 3 під час заїзду на місце стоянки	3	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 4 під час виходу з апаротонки, з припарков. ділячок, з пультів (жолт)	4	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 5 під час заїзду на апаротонку, на приватні ділячки, на пультів (жолт)	5	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 6 під час заїзду на перехрестя з круговим рухом	6	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 7 під час руху по перехрестю з круговим рухом	7	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 8 зіткнення із задньою частиною іншого транспортного засобу під час руху в одному і тому ж напрямку та по одній і тій же смугі	8	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 9 під час руху в одному і тому ж напрямку, але в іншій смугі	9	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 10 під час зміни смуги	10	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 11 під час обгону	11	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 12 під час повороту праворуч	12	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 13 під час повороту ліворуч	13	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 14 під час руху заднім ходом	14	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 15 під час виходу на смугу зустрічного руху	15	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 16 під час виходу справа (на схрещенні доріг)	16	<input type="checkbox"/>																																																											
<input type="checkbox"/> 17 під час порушення знаку переваги руху або червоного світла	17	<input type="checkbox"/>																																																											
автомобіль	мотоцикл																																																												
Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації	Марка, тип Державний реєстраційний номерний знак Країна реєстрації																																																												

<p>10. Вкажіть стрілкою точку початкового удару транспортного засобу А →</p>  <p>11. Видні пошкодження транспортного засобу А:</p>	<p>10. Вкажіть стрілкою точку початкового удару транспортного засобу В →</p>  <p>11. Видні пошкодження транспортного засобу В:</p>
---	---

14. Мій зауваження:	15. Підписи водіїв	14. Мій зауваження:
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">15.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">15.</div> </div>	
A		B