

528.71+528.08:629.7(043)

A-92

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва і архітектури

АТАМАНЕНКО ЮЛІЯ ЮРІЇВНА

УДК 528.71+528.083

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РЕЄСТРАЦІЇ ТА
КАРТОГРАФУВАННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД
З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

05.24.01 – Геодезія, фотограмметрія та картографія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному вищому навчальному закладі «Криворізький національний університет», Міністерство освіти і науки України

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Куліковська Ольга Євгенівна,
Державний вищий навчальний заклад «Криворізький національний університет», професор кафедри геодезії, м. Кривий Ріг

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Катушков Володимир Олексійович
Київський національний університет будівництва і архітектури, професор кафедри геоінформатики і фотограмметрії;

кандидат технічних наук, доцент
Рябчій Владислав Валерійович
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», завідувач кафедри геодезії

Захист відбудеться «14» грудня 2018 року, о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.09 у Київському національному університеті будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський просп., 31, ауд. 340.

З дисертацією можна ознайомитись у науково-технічній бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський просп., 31.

Автореферат розіслано «9» листопада 2018 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук, доцент



О. П. Ісаєв

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. 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. Байєтт, 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. Лященко, 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. Катущков, П. Крельштейн, С. Могильний, В. Сердюков, Р. Шульц та ін.).

Проблемі автоматичного та напівавтоматичного одержання даних про елементи місцевості присвячено публікації А. Вовка, В. Галєцького, В. Колесніченка, В. Прохорчука, К. Третьяка, 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 аварій та формування якісного ортофотоплану місця ДТП зумовили актуальність теми дисертаційної роботи «Геоінформаційна технологія реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод з використанням безпілотних літальних апаратів».



an2747

an2747

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Обраний напрям дослідження пов'язаний з реалізацією Закону України «Про дорожній рух» від 30.06.1993 р. № 3353-ХІІ, Кодексу України про адміністративні правопорушення від 07.12.1984 р. № 8073-Х, Постанови Кабінету Міністрів України від 10.10.2001 р. № 1306 «Про Правила дорожнього руху», Наказу МВС України «Про затвердження Інструкції з оформлення поліцейськими матеріалів про адміністративні правопорушення у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху, зафіксовані не в автоматичному режимі» від 07.11.2015 р. № 1395.

Дисертаційна робота виконана відповідно до напряму науково-дослідної роботи кафедри геодезії ДВНЗ «Криворізький національний університет» згідно з програмою наукових досліджень «Використання сучасних технологій при виконанні завдань геодезії, картографії та землеустрою» (номер державної реєстрації 0116U001793).

Мета і завдання дослідження. *Мета дослідження* полягає в розробленні та експериментальній перевірці геоінформаційної технології реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод з використанням безпілотних літальних апаратів у сучасних умовах.

Відповідно до мети визначено такі *завдання*:

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

2) встановити сучасні тенденції і проблеми використання безпілотних літальних апаратів;

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

4) дослідити економічну ефективність впровадження технології реєстрації ДТП із використанням БПЛА;

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

6) розробити концептуальну й логічну моделі бази геопросторових даних веб-порталу;

7) 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.

Для досягнення мети й розв'язання поставлених завдань застосовано такі **методи дослідження**:

теоретичні: аналіз та узагальнення – для дослідження проблемних та спірних питань, пов'язаних із наявною технологією фіксації дорожньо-транспортних пригод; порівняння й синтез – 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.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

1. Обґрунтовано вибір апаратних та програмних засобів для реалізації ефективної технології картографування ДТП з використанням БПЛА.

2. Отримано оцінки точності картографування та метричних вимірів об'єктів на просторових моделях місць ДТП, створених за результатами знімання з використанням БПЛА.

3. Розроблено структурно-функціональну модель веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП».

4. Запропоновано концептуальну та логічну моделі бази геопросторових даних веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП», що забезпечує застосування геоінформаційних систем для реєстрації та картографування ДТП.

5. Встановлено залежність для розрахунку значення оптимальної висоти польоту безпілотних літальних апаратів як функції від площі місця ДТП та ширини проїзної частини.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні технологічної схеми та практичних рекомендацій щодо впровадження реєстрації дорожньо-транспортних пригод засобами безпілотних літальних апаратів у практику розв'язання завдань прикладної геодезії, а саме:

- спосіб фіксування дорожньо-транспортної пригоди, який передбачає аерознімання місця пригоди безпілотним літальним апаратом для подальшого картографування місця ДТП, розроблено та захищено патентом України на корисну модель (Патент України на корисну модель UA 111352 U, G08G 1/00, G03B 15/00; № у 2016 04208; заявл. 18.04.2016; опубл. 10.11.2016. – Бюл. № 21/2016);

- розроблено технологію оформлення дорожньо-транспортних пригод на основі аерознімання;

- визначено економічну ефективність упровадження розробленої технологічної схеми реєстрації та картографування ДТП під час фіксації аварії;

- визначено умови застосування БПЛА під час реєстрації ДТП;

- уперше створено веб-портал «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП»;

- розроблено технологічну схему використання веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» під час реєстрації ДТП.

Результати опрацювання матеріалів аерознімання, які отримано за результатами експериментальних досліджень, залучено до справ дорожньо-

транспортних пригод, що зареєстровані у відділі Управління патрульної поліції у м. Кривий Ріг.

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

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні проблеми, ідеї, мети і завдань дослідження, у розробленні геоінформаційної технології реєстрації та картографування ДТП засобами безпілотних літальних апаратів. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать: [1] – обґрунтовано доцільність автоматизації наявного процесу реєстрації дорожньо-транспортних пригод; [2] – встановлено перспективи використання програм опрацювання даних лазерного сканування в картографуванні ДТП; [3] – з’ясовано особливості застосування квадрокоптера Nine Eagles Galaxy Visitor 2 під час реєстрації ДТП; [4] – отримано оцінки точності метричних вимірів об’єктів на просторових моделях місць ДТП; [5] – досліджено галузі застосування БПЛА в сучасних умовах; [6] – опрацювання результатів застосування БПЛА в геодезичних вимірюваннях на дослідному полігоні; [7] – виконано калібрування камери DJI Phantom 3 Professional за аерознімками тестового полігона; [8] – розроблено технологічну схему опрацювання аероматеріалів ДТП на веб-порталі; [9] – окреслено можливості використання БПЛА для розв’язання інженерних задач маркшейдерії й геодезії; [10] – розроблено методику реєстрації дорожньо-транспортних пригод; [11] – проаналізовано особливості існуючих процесів реєстрації ДТП в Україні; [12] – визначено особливості автоматизації процесу реєстрації ДТП; [13] – проаналізовано програмні комплекси опрацювання даних лазерного сканування; [14] – досліджено напрями застосування БПЛА в гірничій справі; [15] – розроблено технологічні етапи процесу реєстрації ДТП безпілотним апаратом; [16] – розроблено методику геодезичного забезпечення фіксування ДТП з використанням БПЛА; [17] – виконано статистичну оцінку ряду вимірюваної віддалі між марками на аероматеріалах; [18] – розроблено технологію створення картографічного матеріалу місця ДТП; [19] – визначено основні метеорологічні та ситуаційні обмеження застосування БПЛА під час реєстрації ДТП; [20] – досліджено галузі використання сучасних БПЛА – технологій; [21] – розроблено автоматизовану технологію реєстрації ДТП; [22] – розроблено структурно-функціональну модель веб-порталу «ІАЦ моніторингу ДТП»; [23] – досліджено можливості програмних комплексів опрацювання даних лазерного сканування; [24] – розроблено спосіб визначення лінійних елементів знімання місцевості безпіотною моделлю.

Основні наукові результати, висновки і рекомендації отримано автором самостійно. 3-поміж наукових праць, опублікованих у співавторстві, у роботі використано лише ті ідеї та положення, які належать автору і є результатом його особистої праці.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення наукового дослідження відображено в доповідях і повідомленнях на науково-практичних конференціях, зокрема:

– міжнародних: «Сталий розвиток промисловості та суспільства» (м. Кривий Ріг, 2014 р., 2015 р.); «Геофорум» (м. Львів – Яворів – Брюховичі,

2015 р., 2017 р., 2018 р.); «Геопростір» (м. Київ, 2015 р., 2017 р.); «Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти» (м. Кривий Ріг, 2016 р., 2017 р.); «Наука – освіті, виробництву, економіці» (Мінськ, 2016 р.); «Розвиток промисловості та суспільства» (м. Кривий Ріг, 2016 р., 2017 р.); «World science» (Дубаї, ОАЕ, 2017 р.);

– *усеукраїнських*: «Шляхи удосконалення проблем експлуатації спеціалізованих автотранспортних засобів» (м. Кривий Ріг, 2016 р.); «Актуальні питання забезпечення публічної безпеки, порядку в сучасних умовах: поліція та суспільство – стратегії розвитку в взаємодії» (м. Маріуполь, 2018 р.); «Безпека на дорозі» (м. Кривий Ріг, 2018 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 24 наукові роботи, із яких 7 статей у наукових фахових виданнях України, 2 статті в іноземних періодичних виданнях, 1 патент України на корисну модель, 2 статті у збірниках наукових праць, 12 тез доповідей міжнародних та всеукраїнських конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 166 сторінок: 136 сторінок основного тексту, у тому числі 124 рисунків та 33 таблиці, із них 3 на окремих сторінках, список використаних джерел зі 128 найменувань на 13 сторінках та додатків на 10 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено наукову новизну отриманих результатів та їхнє практичне значення, стисло викладено основний зміст роботи. Подано дані про публікації, апробації й упровадження розробок та результатів досліджень.

У першому розділі «**Аналіз технологій реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод**» презентовано стисло характеристику предметної сфери напрямку дослідження, аналіз стану і тенденцій розвитку технологій реєстрації й картографування ДТП наземними методами знімання.

На основі аналізу стану і тенденцій розвитку процесу реєстрації та картографування ДТП у розвинених країнах і в Україні встановлено нагальність завдань підвищення оперативності та достовірності процесу фіксації місця скоєння ДТП з використанням сучасних цифрових технологій. Водночас в Україні з цією метою в умовах зростання інтенсивності дорожнього руху застосовують переважно застарілі технології фотофіксації та лінійних вимірів рулеткою. Застосування новітніх технологій для картографування і реєстрації ДТП в Україні залишається малодослідженим, що зумовлено двома причинами: високою вартістю приладів і спеціального програмного забезпечення та відсутністю експериментальних досліджень з практичним застосуванням технологій в умовах країни.

На основі аналізу результатів анкетування щодо ідеї реєстрації дорожньо-транспортних пригод із використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) серед різних категорій учасників дорожнього руху встановлено, що: 2% учасників опитування ознайомлені з технологією реєстрації дорожньо-транспортних пригод із

застосуванням безпілотних апаратів; 85 % респондентів визнають, що час реєстрації дорожньо-транспортних пригод скоротиться, якщо використовувати безпілотні апарати; 87 % респондентів вважають, що за результатами опрацювання цифрового аерознімку можна скласти ортофотоплан та схему місця дорожньо-транспортної пригоди точніше, ніж із використанням рулетки; 60 % респондентів не підтримує самореєстрацію за регламентами Європротоколу.

Встановлено низку недоліків, які притаманні технології, що використовується в Україні для реєстрації дорожньо-транспортних пригод, зокрема: тривалий процес оформлення, складність процедури вимірювання, неможливість за складеними матеріалами додатково досліджувати місце аварії, недостатня точність зображення транспортних засобів та елементів дорожньої ситуації тощо. Результати проведеного соціального дослідження засвідчили, що учасники дорожнього руху потенційно готові до приймання нової технології картографування і реєстрації ДТП, яка створює умови для подолання означених вище проблем.

У другому розділі «Методичні засади технології картографування місць дорожньо-транспортних пригод з використанням безпілотних літальних апаратів» розроблено методичні засади геоінформаційної технології картографування і реєстрації ДТП з використанням БПЛА, які ґрунтуються на: визначенні технічних вимогах до апаратних і програмних засобів; запропонованій методиці раціонального вибору комплексу БПЛА для ефективної реалізації технології; сформульованих вимогах до прийомів і методів виконання окремих етапів знімання й оброблення їх результатів, технологічній схемі та результатах експериментальних досліджень використання БПЛА на дослідному полігоні в комбінації з наземними методами знімання.

Обґрунтовано можливість використання для картографування і реєстрації 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.

Для встановлення характеристик точності побудови ортофотопланів на дослідному полігоні виконано тахеометричне знімання, GNSS-знімання,



Рис. 1. Тестовий дослідний полігон

аерознімання та вимірювання металевую рулеткою. Тестовий дослідний полігон – ділянка місцевості невеликої площі на території ДВНЗ «Криворізький національний університет» (рис. 1), на якому закріплено 36 маркованих опорних точок з деяким перепадом висотної відмітки.

Узагальнені дані оцінки точності визначення віддалей за результатами аерознімання відносно результатів наземних знімь подано в таблиці 1.

Узагальнені результати оцінки точності

Вихідне знімання	Систематична похибка (θ)	Похибка одиниці ваги (μ)
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

За отриманими оцінками точності побудовано математичні моделі апроксимації залежностей середніх квадратичних похибок вимірювання довжин (m_d) від різниць між довжинами віддалей різних видів знімачів (d) (рис. 2), різниць між довжинами відрізків виконаних знімачів від довжини (S) (рис. 3), середніх квадратичних похибок вимірювань довжин від вимірюваних віддалей (рис. 4).

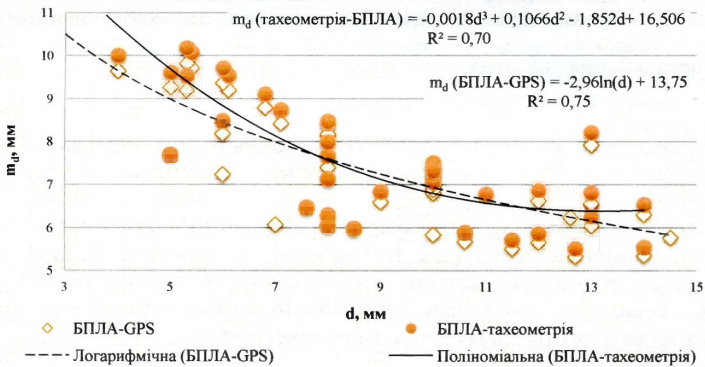


Рис. 2. Залежність середніх квадратичних похибок від різниць між довжинами вимірюваних віддалей

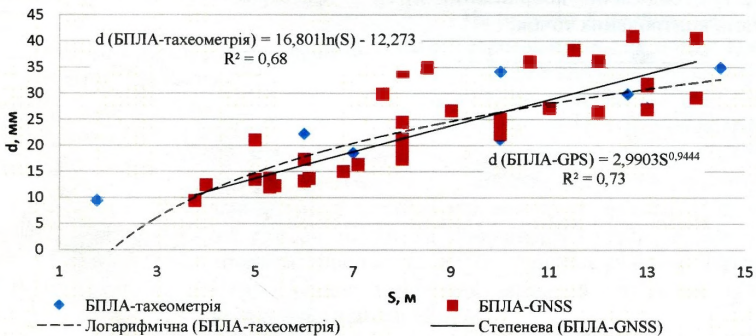


Рис. 3. Залежність середніх квадратичних похибок вимірювання довжин від різниць між довжинами віддалей різних видів знімачів

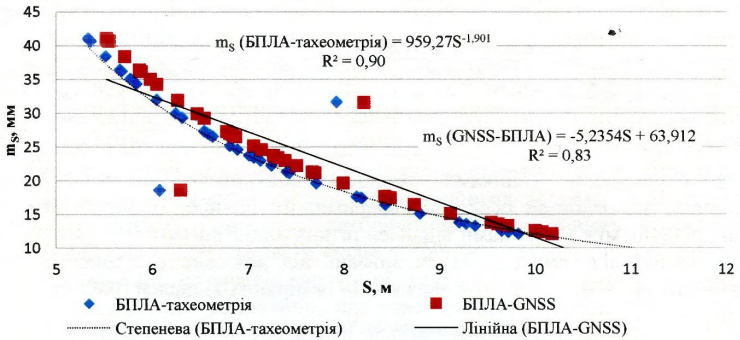


Рис. 4. Залежність середніх квадратичних похибок виміряних довжин від виміряних віддалей

Отримано коефіцієнти детермінації, які варіюють у межах від 0,68 до 0,90, що дає підставу стверджувати про сильний зв'язок між параметрами та достовірність рівнянь регресії.

За результатами калібрування камери DJI Phantom 3 Professional на тестовому полігоні побудовано цифрові моделі тест-об'єкта з позначеними на них марками (рис. 5), створено векторні діаграми геометричних спотворень та 3-D моделі спотворень координат марок (рис. 6), знайдено середньоквадратичні похибки визначення координат (m_x , m_y) контрольних точок за формулами

$$m_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \check{X}_i)^2}{n}} = \pm 3,63 \text{ см}; m_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \check{Y}_i)^2}{n}} = \pm 4,33 \text{ см}, \quad (1)$$

де X_i , Y_i – геодезичні координати; \check{X}_i , \check{Y}_i – фотограмметричні координати; n – кількість контрольних точок;

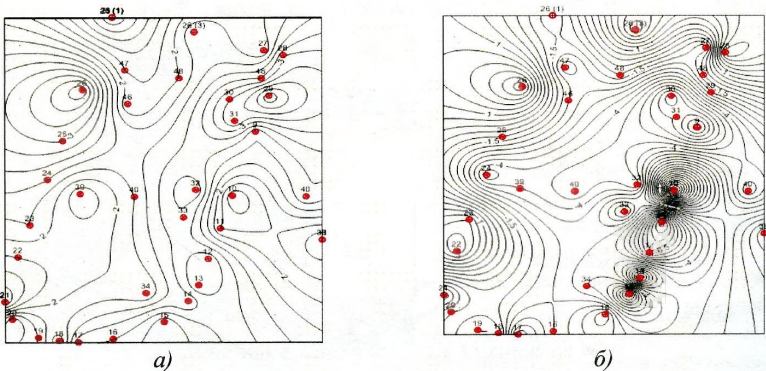


Рис. 5. Цифрові моделі тест-об'єкта, побудовані за даними: а) $X_i - \check{X}_i$; б) $Y_i - \check{Y}_i$

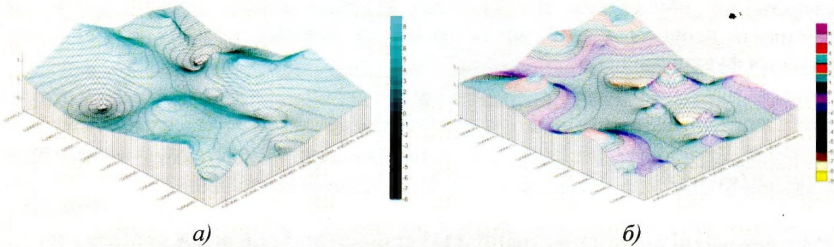


Рис. 6. 3-D моделі спотворення координат марок тестового об'єкта, побудовані за даними: а) $X_i - X'_i$; б) $Y_i - Y'_i$

Отримано оцінки точності картографування та метричних вимірювань об'єктів на просторових моделях місць ДТП, створених за результатами знімання з використанням БПЛА. За оцінками точності визначення віддалей, обчислених за

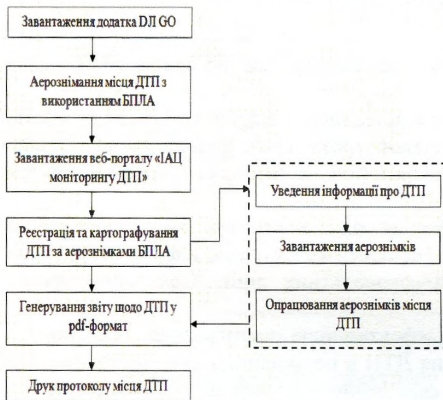


Рис. 7. Технологічна схема реєстрації та картографування ДТП

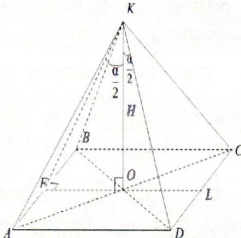
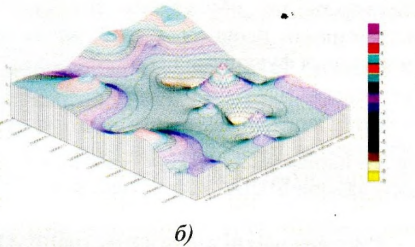


Рис. 8. Принципова схема аерознімання для вибору висоти польоту БПЛА



координатами виконаних знімачь, встановлено, що відносні похибки вимірювання віддалей на ортофотоплані менші 1:2000. Це дає підставу стверджувати про можливість використання БПЛА для знімання невеликих за протяжністю територій та лінійних об'єктів, характерних для картографування ДТП згідно з чинними вимогами інструкцій.

Сформульовано вимоги та зміст етапів технологічної схеми картографування та реєстрації ДТП із використанням БПЛА (рис. 7).

На рисунку 8 подано принципову схему аерознімання для обґрунтування вибору висоти польоту БПЛА під час картографування ДТП.

Нехай у точці K знаходиться безпілотний апарат над місцем аварії; $ABCD$ – прямокутна ділянка, яку охоплює камера БПЛА; H – висота, на якій виконується аерознімання аварії квадрокоптером; точка O – проекція осі камери БПЛА на площину; $FL = BC = AD$; BC – довжина ділянки; $AB = CD$ – ширина ділянки. Точка F – точка падіння перпендикуляра, що опущений з точки проекції осі камери БПЛА.

Тоді, на основі чинної класифікації автомобільних доріг і технічних характеристик БПЛА теоретично обґрунтовано вибір висоти польоту безпілотного літального апарату та запропоновано функціональну

залежність для обчислення оптимального значення висоти польоту БПЛА за параметрами площі території місця аварії та ширини проїзної частини, які описуються функціями (2)

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

де S – площа місця ДТП, k – коефіцієнт відношення сторін аерознімка, α – кут поля зору камери БПЛА. Узагальнені результати представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Рекомендовані висоти реєстрації ДТП безпілотним апаратом за шириною дороги

Характеристика	Категорія доріг				
	1	2	3	4	5
Кількість смуг руху в обох напрямках	4 і більше	2	2	2	1
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) – Н, м	17	10	9	7	6

Досліджено та встановлено основні обмеження застосування БПЛА для картографування аварій, зокрема:

– 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° С та вища + 40° С;

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

Виконано оцінювання економічної ефективності застосування технології з використанням БПЛА для картографування ДТП в порівнянні з використанням для цих цілей технології наземного лазерного сканування й електронних тахеометрів.

Установлено наявність двох типів ефекту:

1) непрямої – характеризується скороченням часу реєстрації та картографування ДТП до 15 хвилин, зниженням трудових затрат, використанням об'єктивної інформації під час вирішення спірних питань; забезпечує прозорість у процесі реєстрації дорожньо-транспортних пригод;

2) прямої, який полягає у зменшенні грошових витрат.

Термін окупності капітальних витрат становить 5 місяців, за умови, що абсолютна економія вартості витрат порівнюваних варіантів (БПЛА – лазерний сканер) становитиме 494 400 грн.

У роботі доведено, що перспективним та економічно ефективним інструментом опрацювання й аналізу результатів аерознімання є геоінформаційна технологія, спрямована на вдосконалення процесу реєстрації та картографування ДТП.

У третьому розділі «Геоінформаційне забезпечення веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» науково обґрунтовано

розроблення структурно-функціональної моделі та бази даних «веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» («ІАЦ моніторингу ДТП»).

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

Структуру інтерфейсу доступу до функцій веб-порталу «ІАЦ моніторингу ДТП» подано на рисунку 9.

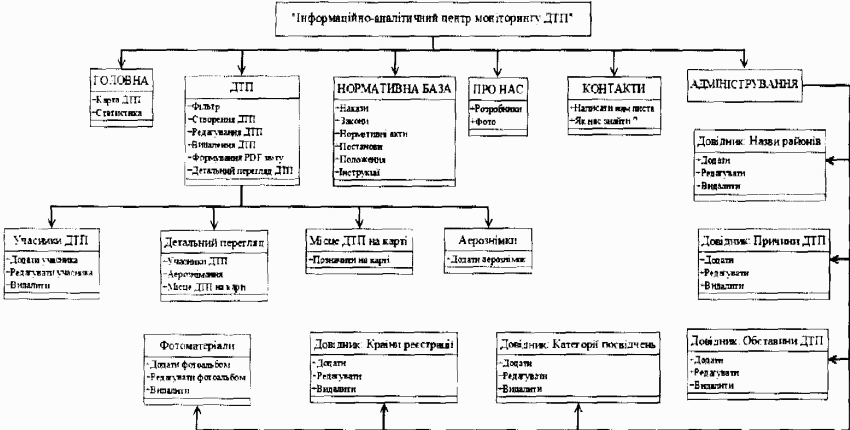


Рис. 9. Структура веб-порталу «ІАЦ моніторингу ДТП»

ГІС технологія дозволяє ефективно використовувати в он-лайн режимі такі основні функції: передавання результатів цифрової фотофіксації з БПЛА місця скоєння ДТП; опрацювання цифрових знімків на сервері системи; отримання зображення цифрового ортофотоплану місця дорожньо-транспортної пригоди; проведення необхідних вимірів із використанням створеної цифрової моделі; заповнення форми реєстрації ДТП за форматом Європротоколу; автоматизоване формування та видача відповідних документів про реєстрацію ДТП суб'єктам (учасникам) дорожньо-транспортної пригоди; довгострокове зберігання інформації про ДТП у базі даних на централізованому сервері системи; забезпечення он-лайн доступу до бази даних з інформацією про ДТП для усіх зацікавлених користувачів для розв'язання різних прикладних задач, пов'язаних з: юридичними, страховими, технічними питаннями щодо конкретних ДТП; веденням моніторингу дорожньо-транспортних пригод; визначенням місць концентрації ДТП; розробленням і реалізацією заходів щодо удосконалення засобів організації руху та дорожньої інфраструктури тощо.

Для реалізації веб-порталу використано такі інструментальні засоби PHP Framework версії – Yii Framework 1.1.16, Javascript та JQuery, HTML, CSS та

об'єктно-реляційну СКБД MySQL. Забезпечено роботу веб-порталу в поширених веб-браузерах, зокрема: Google Chrome 24, Internet Explorer 9, Opera 12, Mozilla FireFox 17.

Розроблено базу геопросторових даних веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» з використанням нотаций мови UML, що створює умови для автоматизації робіт з управління нових компонентів інформаційних технологій в процесі експлуатації системи.

Систему побудовано з урахуванням таких особливостей:

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

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

Розроблену концептуальну модель бази даних веб-порталу подано на рисунку 10.

У таблиці 3 розміщено коди механізму роботи веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДТП» під час опрацювання аерознімків.

Таблиця 3

Файли кодів механізму роботи веб-порталу

<pre>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('Мащина'); }</pre>	<p>1. Код файла, за допомогою якого визначається масштаб</p>
<pre>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);</pre>	<p>2. Принцип побудови відрізка</p>
<pre>(line_len = Math.sqrt(Math.pow((point_b[0] - point_a[0]), 2) + (Math.pow((point_b[1] - point_a[1]), 2)));</pre>	<p>3. Обчислюється довжина відрізка за координатами</p>
<pre>(cent_line['x'] = (point_a[0] + point_b[0]) / 2; cent_line['y'] = (point_a[1] + point_b[1]) / 2;);</pre>	<p>4. Обчислюється центр самого відрізка для виведення з цієї точки надпису з обчисленою довжиною</p>
<pre>(rot_angle = Math.atan((point_b[1] - point_a[1]) / (point_b[0] - point_a[0])).toFixed(2););</pre>	<p>5. Вираховується кут нахилу відрізка та тексту з довжиною цього відрізка</p>
<pre>(line_meter = line_len.toFixed(2)*marked + 0.05);</pre>	<p>6. Вводяться поправки в обчислення віддал за рахунок осі колеса</p>

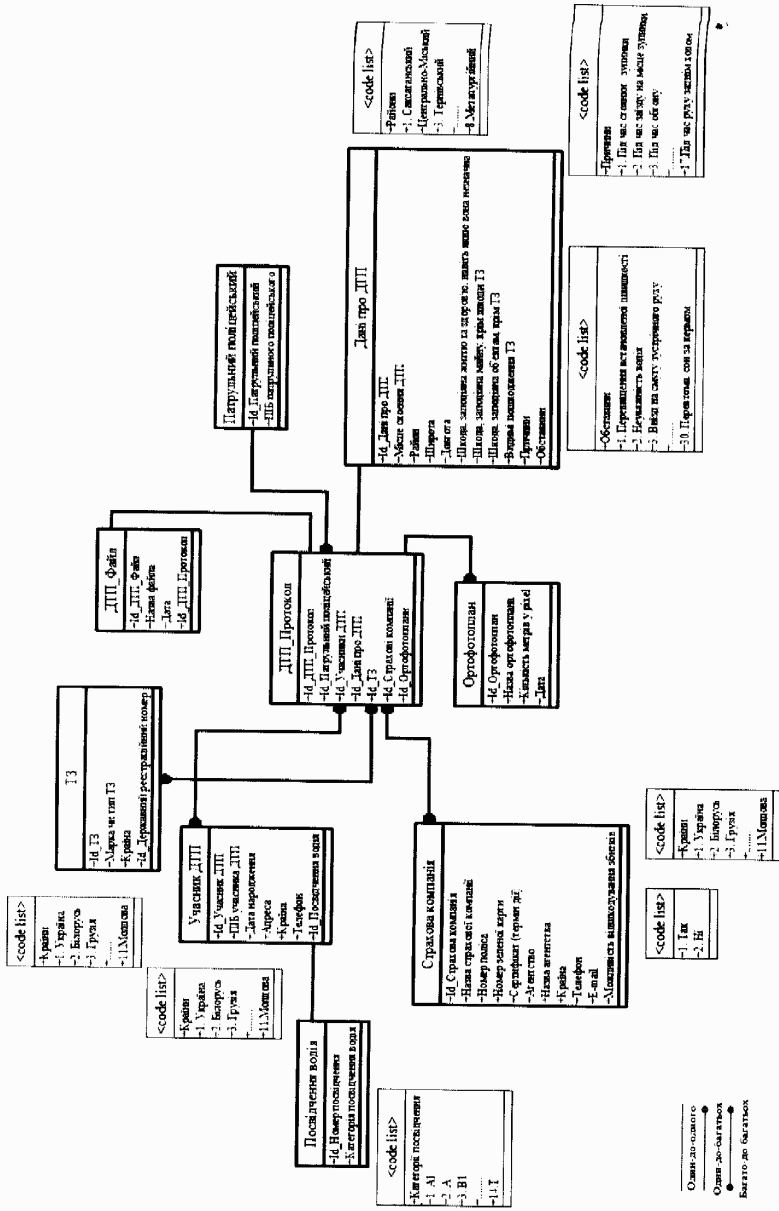


Рис. 10. Концептуальна модель бази даних веб-порталу «Інформаційно-аналітичний центр моніторингу ДПП»

Вихідна адреса веб-порталу «ІАЦ моніторингу ДТП» – **DTP-BPLA.dp.ua** (рис.11).

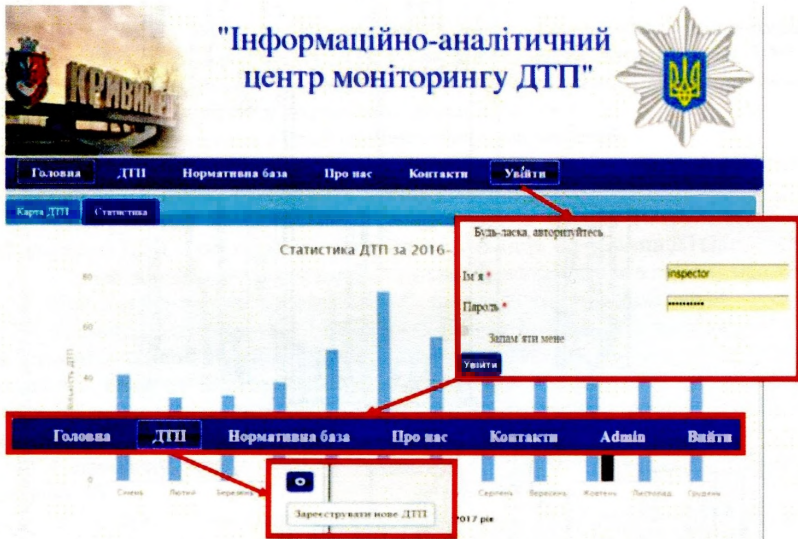


Рис. 11. Робоче вікно веб-порталу «ІАЦ центр моніторингу ДТП»

Для того, щоб зареєструвати ДТП на веб-порталі, заповнюються такі розділи: додати учасника ДТП, додати аерознімок, позначити дорожньо-транспортну пригоду на карті.

Під час завантаження матеріалів цифрового аерознімання розмір фотознімка змінюється до $l_p = 960$ pixel (довжина), $w_p = 540$ pixel (ширина) зі збереженням пропорції $k = \frac{16}{9} = 1,77$ (рис. 12).

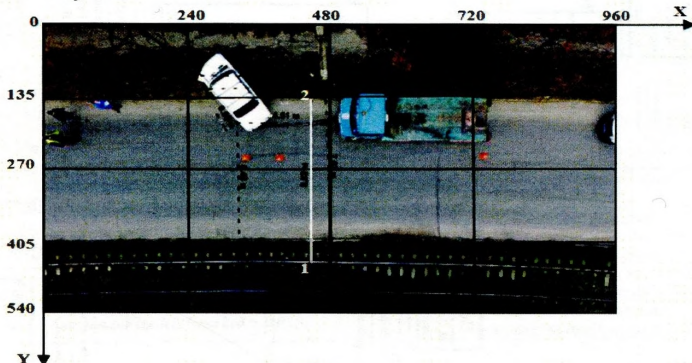


Рис. 12. Приклад ортофотоплану, підготовленого на веб-порталі для опрацювання

Віддалі 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

$$S = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}. \quad (3)$$

У подальшому алгоритм програми дозволяє автоматично переводити pixel адаптованого цифрового аерознімка в метри ділянки місцевості. Для досягнення окресленого завдання необхідно ввести висоту знімання (рис. 13), після чого програма розраховує довжину l_m та ширину w_m ділянки (в метрах), яку відображено на цифровому ортофотоплані

$$l_m = 2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad w_m = \frac{2 \cdot H \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{1,77}, \quad (4)$$

де α – кут поля зору камери, H – висота польоту БПЛА.



Рис. 13. Робоче вікно вводу висоти польоту БПЛА над місцем ДТП

Відомі з паспортних даних технічні характеристики БПЛА (наявність гіроскопа, фокусна відстань камери, кут поля зору) та висота польоту під час реєстрації ДТП дають змогу визначити масштаб цифрового аерознімка, який являє собою центральну проекцію. Для того, щоб знайти масштаб m , тобто кількість pixel на один метр, програма зіставляє розміри знімка в pixel із відповідними величинами в метрах і знаходить середнє значення з двох результатів

$$m = \frac{\left(\frac{l_p}{l_m} + \frac{w_p}{w_m}\right)}{2}. \quad (5)$$

Після виконання описаних дій починається процес нанесення віддалей, які згідно з вимогами необхідно обов'язково відобразити на ортофотоплані місця ДТП. Для цього натискають на початок віддалі один раз – з'являється одна точка на цифровому ортофотоплані, натискають удруге (в іншому місці, зокрема на кінці віддалі) – фіксується друга точка. Отже, за двома отриманими точками на ортофотоплані розраховується і показується довжина віддалі в метрах (рис. 14). Для порівняння на рисунку 15 показано схему місця ДТП, яка оформлена патрульним поліцейським не в автоматичному режимі.

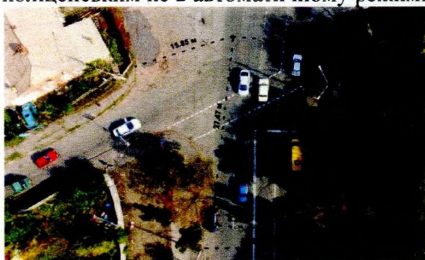


Рис. 14. Ортофотоплан місця ДТП на веб-порталі «ІАЦ моніторингу ДТП»

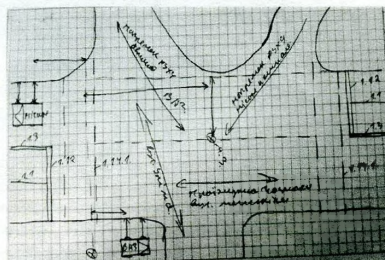


Рис. 15. Схема місця ДТП, яка оформлена не в автоматичному режимі

Результатом оформлення ДТП на веб-порталі є документація зареєстрованого ДТП, яка містить загальну інформацію про аварію й ортофотоплан місця скоєння дорожньо-транспортної пригоди (рис. 16).

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

продовження рис. 16

Телефон:	0987653413
Номер посвідчення водія:	АЕК566544
Категорія:	<ul style="list-style-type: none"> • D • B • D1
Транспортний засіб	
Марка, тип:	Автобус Рута
Державний реєстраційний номерний знак:	АН6786АО
Країна реєстрації:	Україна
Причини та обставини	
Обставини ДТП:	Зіткнення із задньою частиною іншого транспортного засобу під час руху в одному і тому ж напрямку та
Причини ДТП:	Недотримання дистанції
Страховальник / власник полісу (див.сертифікат страхування)	
Прізвище, ім'я, по батькові:	Колут Марія Сергіївна
Адреса:	вул. Співдружності, 96/3
Поштовий індекс:	50040
Телефон:	0987654445
Страхова компанія (див. сертифікат страхування)	
Назва компанії:	Інго Україна
Номер поліса:	АВ/654444333
Сертифікат або "зелена картка" дійсний з:	3 лютого 2016 р.
Сертифікат або "зелена картка" дійсний 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

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

Підпис інспектора: _____ (Головенко Петро Вадинович)

Підпис водія : _____ (Піддубний Станіслав Петрович)

Підпис водія : _____ (Собакарь Антон Олегович)

Рис. 16. Протокол зареєстрованого ДТП від 30 травня 2017 р., створений на веб-порталі



Одержані в роботі теоретичні та практичні результати дослідження дають можливість вийти на сучасний рівень розв'язання завдання картографування місця ДТП на підставі геоінформаційної технології з використанням БПЛА.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі 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 знімків, 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 територій 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 окупності 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 нотаций 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 ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у наукових фахових виданнях України:

1. 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.
2. 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. 218–226.
3. 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.
4. 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.
5. Куликовская О. Е. Оптимальная область применения современных технологий – беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) / О. Е. Куликовская, Ю. Ю. Атаманенко // Качество минерального сырья. – Кривой Рог, 2017. – Том 1. – С. 617–623.

6. Куліковська О. С. Результати застосування БПЛА у геодезичних вимірюваннях на дослідному полігоні / О. С. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2018. – Вип. 1 (35). – С. 152–157.

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

Публікації у наукових періодичних виданнях інших держав:

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

9. 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.

Патент України на корисну модель

10. Патент України на корисну модель UA 111352 U, G08G 1/00, G03B 15/00. Спосіб фіксування дорожньо-транспортної пригоди / Ю. Ю. Атаманенко, О. С. Куліковська. – № u 2016 04208; заявл. 18.04.2016; опубл. 10.11.2016. – Бюл. № 21/2016. – 4 с.

Публікації у збірниках матеріалів конференцій:

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

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

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

14. 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.

15. Куліковська О. С. Особливості методики фіксування дорожньо-транспортної пригоди безпіотною моделлю DJI PHANTOM 3 PROFESSIONAL / О. С. 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.

16. Куліковська О. Є. Методика геодезичного забезпечення фіксування дорожньо-транспортних пригод безпіотною 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 р. – Кривий Ріг, 2017. – С. 139–143.

17. Куліковська О. Є. Статистична оцінка ряду вимірваної 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 р. – Кривий Ріг, 2017. – С. 78.

18. 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.

19. 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 р. – Київ, 2017. – С. 43–46.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

Публікації у інших збірниках праць:

23. 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.

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

АНОТАЦІЯ

Атаманенко Ю. Ю. Геоінформаційна технологія реєстрації та картографування дорожньо-транспортних пригод з використанням безпілотних літальних апаратів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.24.01 – Геодезія, фотограмметрія та картографія. – Київський національний університет будівництва і архітектури, МОН України, Київ, 2018.

У дисертації 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-транспортної пригоди 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. Одержані результати досліджень використано відповідними установами м. Кривого Рогу, що підтверджує їх наукову та практичну значущість.

Ключові слова: геоінформаційна технологія, аерознімання, ортофотоплан, безпілотні літальні апарати, реєстрація ДТП, картографування місць ДТП, веб-портал, база даних, дорожньо-транспортна пригода.

АННОТАЦИЯ

Атаманенко Ю. Ю. Геоинформационная технология регистрации и картографирования дорожно-транспортных происшествий с использованием беспилотных летательных аппаратов. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.24.01 – Геодезия, фотограмметрия и картография. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, МОН Украины, Киев, 2018.

В диссертации теоретически обоснованно и разрешено научно-прикладное задание по разработке геоинформационной технологии регистрации и картографирования дорожно-транспортных происшествий с использованием беспилотных летательных аппаратов. Разработана технология регистрации дорожно-транспортного происшествия с использованием беспилотного аппарата, обосновано выбор высоты полета и условия использования беспилотного летательного аппарата при регистрации аварии, доказано эффективность применения разработанной технологии.

Впервые разработано структурно-функциональную модель веб-портала «Информационно-аналитический центр мониторинга ДТП», представлено концептуальную и логическую модели базы геопространственных данных веб-портала. Предложено поэтапную технологическую схему обработки аэроснимков на веб-портале. Полученные результаты исследований использованы учреждениями г. Кривого Рога, что подтверждает их научную и практическую значимость.

Ключевые слова: геоинформационная технология, аэросъемка, ортофотоплан, беспилотные летательные аппараты, регистрация ДТП, картографирование ДТП, веб-портал, база данных, дорожно-транспортное происшествие.

ABSTRACT

Yu. Yu. Atamanenko, Geo-informational technology for recording and mapping road traffic accidents using unmanned aerial vehicles. – Unpublished manuscript – Copyright protected.

This is a thesis for obtaining the academic degree of PhD in Engineering, Specialty 05.24.01 "Geodesy, photogrammetry and cartography", Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, MES Ukraine, Kyiv, 2018.

The thesis presents a theoretical generalization and a new solution to the scientific and applied problem of developing geo-informational technology for recording and mapping road traffic accidents using unmanned aerial vehicles.

The analysis of survey revealed a number of problems regarding the present state of the road accidents' recording process. The author proposes the development of geo-informational technology involving unmanned aerial vehicles, that technology being aimed at improving the process of recording and mapping road traffic accidents under the present-day conditions.

In order to determine the accuracy characteristics of arranging aerial imagery, tacheometric survey, GNSS-filming, aerial photography and measurements using steel measuring tape were performed on a test site. Based on the results of accuracy assessment, it was established that the length of the lines on the aerial imagery had been measured with a relative error of less than 1:2000, so the use of unmanned aerial vehicles is justified for filming small-in-length patches and linear objects, including those for mapping road traffic accidents.

The requirements and the content of the stages of the flowchart for recording and mapping road traffic accidents using unmanned aerial vehicles have been developed. Based on the current classification of highways, the choice of flight altitude for an unmanned aerial vehicle has been theoretically substantiated, and the function of that altitude of the accident scene area and the width of the roadway has been determined. The main limitations for the use of an unmanned aerial vehicle have been investigated and identified, and the assessment of the economic efficiency of the application of the technology developed – using an unmanned aerial vehicle for recording in conjunction with a ground laser scanner and an electronic tacheometer – has been performed.

Based on the scope of the study, the geo-informational technology for recording and mapping road traffic accidents using unmanned aerial vehicles has been developed that includes components of software and informational support. It has been determined that the geo-informational technology for recording and mapping road traffic accidents that will be used by patrol police, is intended for recording, analyzing and storing road accident-related information.

A database of the web portal for recording and mapping road traffic accidents, which stores information on registered accidents, has been created. The basic principles of designing the database developed have been identified: at the conceptual level, the research area has been substantiated, the entities and attributes thereof have been described; at the logical level, the conceptual data model has been implemented in the database management system of the web portal; at the physical level, the actual computer implementation of the database has been presented.

A step-by-step flowchart for recording and mapping road traffic accidents using unmanned aerial vehicles has been proposed that is intended to collect the accident scene information, to process the latter on a special web portal and to shape the data obtained in the form of a protocol that includes general information on the accident and the processed cartographic material.

Keywords: geo-informational technology, aerial photography, unmanned aerial vehicles, registration road accident, mapping of accidents places, web portal, database, traffic accident.