

Катушков Володимир Олексійович

Доктор технічних наук, професор, професор кафедри геоінформатики та фотограмметрії,
orcid.org/0000-0002-3264-413X

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Радченко Симон Богданович

Магістр, *orcid.org/0000-0003-2970-5373*

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ВИКОРИСТАННЯ КВАДРОКОПТЕРА ПРИ АНАЛІЗІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОЇ ПРИГОДИ

***Анотація.** Розглянуто особливості застосування дрона-квадрокоптера для збирання растрової інформації при дорожньо-транспортній пригоді (ДТП). Виконано експериментальне моделювання аерознімання ДТП з визначенням місцезнаходження дрона за його прив'язкою до опознаків розташованих на стандартному жезлі, який має невеликі розміри. Розглянуто визначення елементів зовнішнього орієнтування за строгим рішенням зворотної фотограмметричної задачі. Визначені елементи зовнішнього орієнтування допомагають бачити і реєструвати просторове положення окремих елементів ДТП рішенням прямої фотограмметричної задачі. Отримання просторової моделі дає можливість визначити розташування автотранспортних засобів після зіткнення. Дослідження виконане на мінімальному вихідному матеріалі, з якого можна отримати 3D-модель. В багатьох випадках отриманої моделі достатньо для проведення правильного, об'єктивного аналізу ДТП. Испити аналітичної моделі свідчать про доцільність використання дронів. Заміна ручного вимірювання рулеткою на дистанційні вимірювання комп'ютерним методом зменшує час блокування дорожньої інфраструктури в декілька разів. Показана можливість створення бази даних на аварійних ділянках, де часто виникають ДТП.*

***Ключові слова:** дрон; квадрокоптер; окремих знімок; елементи орієнтування; аналітичне моделювання; колінеарна залежність; натурний жезл; масштаб точки*

Вступ

Останні десятиліття відзначено появою різноманітних безпілотних літальних апаратів, які застосовують для підймання та отримання видової інформації з висоти пташиного польоту. До нових радіокерованих апаратів (літаків або гелікоптерів) додалися нові безпілотники – дрони з різними назвами: трикоптери, квадрокоптери тощо.

Ці апарати є не лише доступними, але й багатофункціональними. Вони для різних цілей застосовуються: кореспондентами, аграріями, військовими, будівельниками, вченими та дослідниками різних природничих дисциплін тощо.

Але відеоінформація може застосовуватися також у спеціалізованому аерозніманні, потрібному для розв'язання конкретної задачі у конкретний час.

При використанні квадрокоптера під час ДТП з'являється можливість записати ситуацію на цифровий аерознімок (знімки) за короткий час. При цьому не треба малювати умовні схеми ситуації ДТП на око, а також не треба проводити рулеточне вимірювання, як це склалося традиційно і використовується дотепер. Окрім фіксації ситуації, знімок забезпечує можливість виконати вимірювання

дистанційно-автоматизованим методом, не перебиваючи проїжджу частину на довгий час.

Мета статті

Правильне визначення елементів зовнішнього орієнтування, або положення знімальної камери є головною задачею створення об'єктивної 3D-моделі ДТП. Сучасний метод цифрового знімання значно автоматизує створення моделі. Визначення ракурсу має свої особливості. Тут можна використовувати різні технології, які залежать від об'єму знятої інформації. Можна використовувати від одного, двох до нескінченної кількості знімків. В наданому дослідженні розглядається можливість отримання правильної вертуальної моделі за мінімальною кількістю даних, як опорних – три опознаки, так і знімальних – один знімок.

Виклад основного матеріалу

Для вимірювань аерознімка та отримання вимірювальної інформації виникає необхідність визначення елементів зовнішнього орієнтування встановленої на борту квадрокоптера, цифрової камери.

Відповідно до запропонованої у [1; 2] технології, на квадрокоптері встановлено малу цифрову камеру класу «мільниця». Еквівалентна фокусна відстань становить 3,077 мм, тобто 20 мм в еквіваленті стандартної фокусної відстані. Камера сприймає інформацію на сенсор розміром 2/3", що відповідає розміру 6.6 x 8.8 мм з 8 та більше Мпiх.

Елементи зовнішнього орієнтування передбачено визначати за допомогою натурального жезлу (рисунок), який кладуть поруч з місцем ДТП. При цьому запропоновано застосовувати малий стандартний жезл у вигляді рівностороннього трикутника, зі стороною 0,3 м.



Рисунок – Натурний жезл для розв'язання зворотної фотограмметричної задачі відповідно до [2]

Постановка задачі. Для використання цієї технології необхідно відповісти на такі питання: чи можливо прив'язатися до жезла такого розміру? З якою точністю можна визначити елементи зовнішнього орієнтування, тобто просторові координати центра проєкції та кути нахилу знімка.

Основна частина. У дослідженні замість реального знімання застосовано метод аналітичного моделювання з відомими елементами орієнтування. Замість реальних координат цифрового знімка, що має низку похибок, обчислюємо точні координати на вигаданому, віртуальному знімку. Аналітичне моделювання виконано програмою KALIBR 2 [3], яка застосовується для дослідження традиційних та нетрадиційних методів знімання.

Прийнято фотограмметричну модель колінарного зв'язку між точками на цифровому аерознімку (з координатами x_i, z_i) та аналогічними точками на земній поверхні з просторовими координатами X_i, Y_i, Z_i . При колінарному зв'язку для розв'язання задачі при невідомих елементах орієнтування потрібно мати щонайменше п'ять опорних точок (опознаків) з відомими просторовими координатами. Кожен опознак (точка на вершині натурального жезла) на знімку має дві координати x_i, y_i , які для одного знімка визначено колінарними функціями (1):

$$\left. \begin{aligned} x_i &= -f \frac{a_1(X_i - X_s) + b_1(Y_i - Y_s) + c_1(Z_i - Z_s)}{a_2(X_i - X_s) + b_2(Y_i - Y_s) + c_2(Z_i - Z_s)} \\ y_i &= -f \frac{a_3(X_i - X_s) + b_3(Y_i - Y_s) + c_3(Z_i - Z_s)}{a_2(X_i - X_s) + b_2(Y_i - Y_s) + c_2(Z_i - Z_s)} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де X_s, Y_s, Z_s – просторові координати центра проєкції; X_i, Y_i, Z_i – просторові координати опознаків; a_i, b_i, c_i – напрямні косинуси.

Елементи орієнтування визначаємо за нев'язками координат на знімку для опознаків з відомими просторовими координатами. Щоб отримати дев'ять невідомих елементів орієнтування окремого знімка, потрібно скласти дев'ять умовних лінійних рівнянь, але найчастіше розв'язуємо не дев'ять, а десять рівнянь. Для одного опознака рівняння при строгому способі залежності будуть такими:

$$\begin{aligned} A\delta X_s + B\delta Y_s + C\delta Z_s + D\delta\alpha + E\delta\omega + \\ + F\delta\kappa + J\delta f + \delta x_0 + (x - x') = \delta x; \\ A'\delta X_s + B'\delta Y_s + C'\delta Z_s + D'\delta\alpha + E'\delta\omega + \\ + F'\delta\kappa + J'\delta f + \delta y_0 + (y - y') = \delta y, \end{aligned} \quad (2)$$

де коефіцієнти $A... J, A'...J'$ – частинні похідні функцій (1); $\delta X_s, \delta Y_s, \delta Z_s, \delta\alpha, \delta\omega, \delta\kappa, \delta f, \delta x^0, \delta y^0$ – поправки у наближенні значення $X_s^0, Y_s^0, Z_s^0, \alpha^0, \omega^0, \kappa^0, f, x_0, y_0$; x', y' – вимірювані значення координат на знімку.

Стверджувати, що елементи орієнтування визначено точно, беручи до уваги лише п'ять опознаків, не завжди вірно. На практиці правильне розв'язання можливе, якщо точки на земній поверхні мають різну висоту координату.

При розташуванні опознаків в одній площині елемент гіпотенузи трикутної матриці нормальних рівнянь часто дорівнює нулю і програма припиняє розв'язання, оскільки ділення на нуль неможливе.

Якщо елементи внутрішнього орієнтування відомі, як це буває при використанні спеціально розробленої фотограмметричної апаратури, розв'язання задачі спрощується. З відомими елементами внутрішнього орієнтування f, x_0, y_0 треба визначити не дев'ять невідомих, а лише шість: $X_s, Y_s, Z_s, \alpha, \omega, \kappa$. У такому випадку можна спиратися вже не на п'ять, а на три опознаки, які завжди лежать в одній площині. Тоді рівняння (2) скоротяться:

$$\begin{aligned} A\delta X_s + B\delta Y_s + C\delta Z_s + D\delta\alpha + E\delta\omega + F\delta\kappa = \delta x; \\ A'\delta X_s + B'\delta Y_s + C'\delta Z_s + D'\delta\alpha + E'\delta\omega + F'\delta\kappa = \delta y. \end{aligned} \quad (3)$$

Елементи внутрішнього орієнтування f, x_0, y_0 відомі тільки фотограмметристам і для використання неметричної апаратури обов'язково потрібно проводити попередні дослідження знімальної апаратури та використовувати програмне забезпечення, подібне до цифрових фотограмметричних станцій [4 – 6].

При ітераційному обчисленні початкові значення елементів орієнтування дорівнюють нулю.

Коли відома висота фотографування та фокусна відстань камери, відомим буде і масштаб знімка [7 – 9]. Якщо на борту квадрокоптера розташована гіроплатформа з приймачем GPS, можна уникнути використання жезла [10]. Аналогічно гіроплатформу використовують під час знімання з рук, для

уникнення тремтіння та утримання постійного кадру, при цьому якість зображення буде кращою. Висоту фотографування визначають по-різному: за допомогою барометра або вимірюванням відстані до землі. При виконанні знімання за допомогою квадрокоптера, висота польоту може вимірюватися безвідбивним методом лазерної рулетки.

В дослідних цілях було виконано прив'язку до натурального жезла з трьома опознаками, відстань між якими складала усього 0,3 м. Нехай центр проєкції камери квадрокоптера перебуває на висоті 10 м над місцем, де сталося ДТП. Якщо фокусна відстань камери $f = 3,077$ мм ($3077 \mu\text{m}$), координати трьох опознаків натурального жезла мають на знімку розміри менше 1 мм. Просторові координати центра проєкції S , опознаків натурального жезла $1ор, 2ор, 3ор$ та площинних координат модельного знімка наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Координати ідентичних точок місцевості та знімка

| № з/п | Просторові координати: центра проєкції, опознаків, точки ДТП, м | | | Площинні координати макетного знімка, мм | |
|-------|-----------------------------------------------------------------|------|----|------------------------------------------|--------|
| | X | Y | H | x | y |
| S | 22 | 12 | 10 | 0.000 | 0.000 |
| 1ор | 20 | 10 | 20 | -0.615 | -0.615 |
| 2ор | 20.15 | 10.3 | 20 | -0.569 | -0.623 |
| 3ор | 20.3 | 10 | 20 | -0.523 | -0.615 |
| 17 | 40 | 10 | 20 | 5.539 | -0.615 |

Для оцінювання точності визначення відстані, що вимірюється за допомогою окремого знімка, надано точку № 17, яка перебуває на відстані 20 м від жезла.

Площинні координати макетного знімка наведено у міліметрах (мм). При цифровому записі міліметри замінюють на положення окремих пікселів, а відстані між пікселями наводять у мікрометрах (μm). Обчислення для визначення елементів зовнішнього орієнтування $X_s, Y_s, Z_s, \alpha, \omega, \kappa$ виконане ітераційним способом (у нашому випадку методом червоних чисел) з відомими елементами внутрішнього орієнтування та нульовими елементами зовнішнього орієнтування у першому наближенні – перший стовпчик табл. 2.

Кути нахилу модельного знімка наведено у радіанах, а просторові координати центра проєкції у

метрах. Визначення зовнішніх елементів орієнтування виконано трьома ітераціями. Різниця між істинними та обчисленими значеннями кутів складають нуль радіан, координат $X, Y - 5$ мм, а координати $H - 33$ мм.

Таблиця 2 – Ітераційне визначення елементів зовнішнього орієнтування

| | Кількість ітерацій Q , одиниць | | | | | |
|----------------|----------------------------------|------------|---------|------------|---------|------------|
| | $Q = 1$ | | $Q = 2$ | | $Q = 3$ | |
| | EO_1 | δ_1 | EO_2 | δ_2 | EO_3 | δ_3 |
| $\alpha_0 = 0$ | -0.001 | -0.001 | 0.001 | 0 | 0 | 0 |
| $\omega_0 = 0$ | 0.001 | 0.001 | -0.001 | 0 | 0 | 0 |
| $\kappa_0 = 0$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $X_{s0} = 0$ | 22.023 | 22.023 | -0.018 | 22.005 | 0 | 0 |
| $Y_{s0} = 0$ | 11.985 | 11.985 | 0.020 | 12.005 | 0 | 0 |
| $H_{s0} = 0$ | 9.959 | 9.959 | 0.008 | 9.967 | 0 | 0 |

Після контролю просторових координат опознаків за визначеними елементами зовнішнього орієнтування, координатами центра проєкції та трансформованими координатами модельного знімка, обчислено координати інших точок у площині ДТП. Результати обчислення просторових координат опознаків визначено для контролю знайдених елементів орієнтування. Слід нагадати, що у наведеній роботі розглянуто використання окремого знімка, що відповідає конкретним умовам знімання. Встановлено, що за окремим знімком можна визначити просторові координати якоїсь точки, якщо відома одна її координата з трьох, тобто якщо відомий масштаб точки.

У табл. 3 номерами 1ор, 2ор, 3ор позначено як в табл. 1 просторові координати трьох опознаків. Координати інших точок визначено за однією відомою координатою з трьох (X, Y, H).

Наприклад, за відомою координатою X_i , обчислено масштаб цієї точки; за трансформованими координатами знімка x_{ti}, y_{ti} визначено просторові координати Y_i, H_i .

При відомій висоті фотографування другої точки $i+1$, за фокусною відстанню f та висотою H_{i+1} визначаємо масштаб точки, а за координатами $x_{(i+1)}, y_{(i+1)}$ – просторові координати точки X_{i+1}, Y_{i+1} . Аналогічно задача розв'язується, якщо відома координата Y . У цьому випадку невідомі просторові координати X та H . Результат такого опрацювання надано у табл. 3.

Таблиця 3 – Визначення просторових координат вимірами окремого знімка

| № | Координати знімка, мм | | Обчислені просторові координати, м | | | Істинні просторові координати, м | | |
|-----|-----------------------|--------|------------------------------------|-------|--------|----------------------------------|-------|------|
| | x_t | y_t | X | Y | H | X | Y | H |
| 1ор | -0.615 | -0.615 | 20 | 10 | 20 | 20 | 10 | 20 |
| 2ор | -0.569 | -0.523 | 20.15 | 10.3 | 20 | 20.15 | 10.3 | 20 |
| 3ор | -0.523 | -0.615 | 20.3 | 10 | 20 | 20.3 | 10 | 20 |
| 15 | -0.628 | -0.534 | 20 | 10.3 | 19.489 | 20 | 10.3 | 19.5 |
| 16 | -0.581 | -0.581 | 20.15 | 10.15 | 19.5 | 20.15 | 10.15 | 19.5 |
| 17 | 5.539 | -0.615 | 40.067 | 10 | 20 | 40 | 10 | 20 |

Темно-зелені чарунки таблиці позначають відому просторову координату, за якою визначено масштаб зображення цієї точки та обчислено інші дві просторові координати.

При горизонтальних положеннях знімка та дорожнього шляху (частковий випадок загального методу знімання), просторові площинні координати X , Y та відстані визначаються за відомою висотою фотографування H . Якщо кут непаралельності знімка та площини дороги перевищуватиме 3° , то у нахилених відстані необхідно вводити поправки за нахил, що також можливо при використанні окремого знімка.

Точка № 17 (табл. 3) розташована на відстані 20 м від жезла. Координату X цієї точки знайдено з похибкою $40 - 40,067 = 0,067 \text{ м} = 6,7 \text{ см}$. Цей результат отримано з абсолютно точними вихідними даними. У реальних умовах слід очікувати гіршого результату.

Слід додати що зменшення похибки просторових координат залежить і від точності

вимірювання знімка. З використанням субпіксельного режиму вимірювання можна казати про підвищення точності вимірювання до $0,1 \text{ мкм}$ чи $0,01 \text{ мкм}$. В цьому напрямі дослідження ведуться, але казати про дійсні результати ще рано.

Висновки

Проведене дослідження дає змогу зробити такі висновки. Окремий знімок дає достатні за точністю вимірювання, може використовуватися для реєстрації малих ДТП. При збільшенні об'єму доцільно використовувати стереоскопічні методи знімання з виростанням двох і більше знімків. Технологія знімання з дрону допомагає оператору вибирати потрібний ракурс зі зміною масштабу та перспективного кута огляду. Така технологія є зараз актуальною і потрібною, оскільки зменшує час роботи поліції в декілька разів.

Список літератури

1. Атаманенко Ю. Ю., Куліковська О. Є., Намінат О. С. Спосіб визначення лінійних елементів зйомки місцевості безпілотною моделлю // *Гірничий вісник*. – Кривий Ріг. – 2016. – № 101. – С. 41 – 46.
2. Атаманенко Ю.Ю. Геоінформаційна технологія та картографування дорожньо-транспортних пригод з використанням безпілотної літальної апаратури: автор дис. канд. техн. наук. К.: 2018 р.
3. Катушков В.О. Аналітичне моделювання макетних знімків // *Інж. геодезія*. – 2000. – Вип. 42. – С. 66 – 73.
4. Дорожинський О.Л., Тукай Р. *Фотограмметрія*. – Львів: НЛП, 2008. – 332 с.
5. Федоров Д. DIGITALS. Использование в геодезии, картографии и землеустройстве. – СПб «Аналитика», 2015. – 354 с.
6. Катушков В.О., Денисюк Б.І. Технологія оброблення растрової інформації на цифровій фотограмметричній станції. – К.: КНУБА, 2017. – 108 с.
7. Fraser C. S. *Network Design Optimization in Non-Topographic Photogrammetry* / C. S. Fraser // *XVth ISPRS Congress Technical Commission V: OTHER APPLICATIONS OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 17-29 June 1984, Rio de Janeiro, Brasil*. – Rio de Janeiro. – 1984. – С. 296 – 307.
8. McGlone C. "Manual of Photogrammetry, 5th ed." / J. Chris McGlone (Editor), Edward M. Mikhail (Editor), James S. Bethel (Editor) – Bethesda, MD, USA : American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 2004. – 1151 p.
9. Kulikovska O. Y., Atamanenko Y. Y., Kopayhora O. K. Innovative solution of mapping process of accident site // *East European Scientific Journal*. – Warsaw, Poland. – 2018. – № 3 (31). – Part 3. – P. 15 – 22.
10. Кадничанский С.А., Курков М.В., Курков В.М., Чибуничев А.Г. Фотограмметрическая калибровка фотокамеры для аэросъемки с беспилотного воздушного судна // *Геопрофи*. – 2019. – #6. – С. 36 – 40.

Стаття надійшла до редколегії 10.04.2020

Катушков Владимир Алексеевич

Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры геоинформатики и фотограмметрии,
orcid.org/0000-0002-3264-413X

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

Радченко Симон Богданович

Магистр, orcid.org/0000-0003-2970-5373

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАДРОКОПТЕРА ПРИ АНАЛИЗЕ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОГО ПРОИСШЕСТВИЯ

Аннотация. Рассмотрены особенности использования дрона – квадрокоптера для сбора растровой информации на дорожно-транспортном происшествии. Выполнено экспериментальное моделирование аэросъемки ДТП с определением местоположения дрона и его привязкой к опознакам, которые расположены на малом жезле. Определены элементы внешнего ориентирования при строгом решении обратной фотограмметрической задачи. Найденные элементы ориентирования дают возможность фиксировать и регистрировать пространственное положение отдельных объектов ДТП решением прямой фотограмметрической задачи. Создание пространственной модели позволяет определить положение автотранспортных средств после столкновения. Исследование проведено на минимальном исходном материале, при помощи которого можно создать 3D-модель. В большинстве случаев созданной

моделі достатньо для виконання верного і об'єктивного аналізу ДТП. Результати дослідження аналітичної моделі свідчать про цілесобразність використання дронів. Замена ручного вимірювання рулеткою на дистанційне комп'ютерне вимірювання зменшує час блокування дорожньої інфраструктури в декілька раз. Показана можливість створення бази даних на аварійних участках, де часто виникають ДТП.

Ключевые слова: дрон; квадрокоптер; одиночний знімок; елементи орієнтування; аналітичне моделювання; колінеарна залежність; натуральний жезл; масштаб точки

Katushkov Vladimir

DSc, Professor, Professor of Department of Geoinformatics and Photogrammetry, orcid.org/0000-0002-3264-413X
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Radchenko Simon

MSc, orcid.org/0000-0003-2970-5373
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

USE OF QUADROCOPTER DURING THE ANALYSIS OF THE TRAFFIC COLLISION

Abstract. *the features of traffic collision raster information collecting using unmanned aerial vehicle (UAV) are considered. The aerial survey experimental modelling on the place of the collision is provided. It includes the using unmanned aerial vehicle location determination and its reference to the measured points. The points are located on the small triangular wand. Experiment is provided with the analytically defined key point's coordinates and the points of interest on the traffic accident objects. This allows excluding errors and inaccuracies of the model caused by the defects and features of survey tools and instruments located on the UAV. The exterior orientation elements definition during the inverse photogrammetric equation is considered. It includes nine unknown elements determination from known spatial coordinates of key points. When camera or other survey instruments are calibrated before the workflow begins, determination of the six orientation elements instead of nine is possible. These six include three linear ones (spatial coordinates of the projective center) and three tangential ones (tilt and turn angles of the aerial image). These elements allow the registration of the traffic collision objects precise location. This remains the opportunity to define two unknown coordinates of the point known the third one. Spatial model leads to the determination of the motor vehicles elements after the collision. The research is done with minimal set of input material that is required for 3D modeling. These data is generally enough for objective and correct analysis of the collision. The study of analytical model proves the efficiency of the using unmanned aerial vehicle implementation into traffic collisions analysis. Measuring by means of digital tools and UAV significantly fasten the process of data collecting. The possibility of database creation and use for the places of often traffic collisions is noticed.*

Keywords: *drone; quadcopter; singular image; orientation elements; analytical modeling; collinear dependence; natural wand; point scale*

References

1. Atamanenko, Yu.Yu., Kulikovska, O.E., Naminat O.S. (2016). Way of determining the linear elements shooting terrain unmanned model. *Mining Journal*, 101, 41 – 46 [in Ukrainian].
2. Atamanenko, Yu.Yu. (2018.) *Geoinformation technology and traffic collisions mapping using unmanned aerial vehicles*. PhD thesis: 05.24.01. Kyiv [in Ukrainian].
3. Katushkov, V.O. (2000). Analytical modelling of the mockup images. *Engineering geodesy*, 42, 66 – 73. [in Ukrainian].
4. Dorojinskij, O.L., Tukaj, R. (2008). *Photogrammetry*. Lviv, NLP.
5. Fedorov, D. (2015). *Digitals. Use in geodesy, cartography and land management*. Vinnytsya. [in Russian].
6. Katushkov, V.O., Denisyuk, B.I. (2017). *The technology of the rasterization of information on digital photogrammetric stations*. Kyiv. [in Ukrainian].
7. Fraser, C.S. (1984). *Network Design Optimization in Non-Topographic Photogrammetry*. XVth ISPRS Congress Technical Commission V: OTHER APPLICATIONS OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, 17-29 June 1984, Rio de Janeiro, Brasil. Rio de Janeiro, pp. 296 – 307.
8. McGlone, C. (2004). *Manual of Photogrammetry, 5th ed.* / J. Chris McGlone (Editor), Edward M. Mikhail (Editor), James S. Bethel (Editor). Bethesda, MD, USA: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 1151.
9. Kulikovska, O.Y., Atamanenko, Yu.Yu., Kopyayhora, O.K. (2018). Innovative solution of mapping process of accident site. *East European Scientific Journal*, 3(31), 3, 15 – 22.
10. Kadnichanskiy, S.A., Kurkov, M.V., Kurkov, V.M., Chibunichev, A.H. (2019). *Photogrammetric calibration of photo camera for aero filming by autonomic aircraft*. *Heoprofi*, 6, 36 – 40.

Посилання на публікацію

APA Katushkov, Vladimir, & Radchenko, Simon, (2020). Use of quadcopter during the analysis of the traffic collision. *Management of Development of Complex Systems*, 42, 199 – 203; [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.199-203](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.199-203).

ДСТУ Катюшков В. О. Використання квадрокоптера при аналізі дорожньо-транспортної пригоди [Текст] / В. О. Катюшков, С. Б. Радченко // *Управління розвитком складних систем*. – 2020. – № 42. – С. 199 – 203, [dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.199-203](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.199-203).