

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Книга 2 – ГЕОГРАФИЯ

Том 112

ANNUAL OF SOFIA UNIVERSITY “ST. KLIMENT OHRIDSKI”

FACULTY OF GEOLOGY AND GEOGRAPHY

Volume 2 – GEOGRAPHY

Volume 112

ИЗПОЛЗВАНЕ НА БЕЗПИЛОТНА ЛЕТАТЕЛНА СИСТЕМА ЗА КАРТИРАНЕ НА ПРАХОВО ЗАМЪРСЯВАНЕ

ПАВЕЛ ЦВЕТКОВ, АНТОН ФИЛИПОВ

Катедра „Картография и ГИС“

e-mails: pavel.tzvetkov@outlook.com, fil@gea.uni-sofia.bg

Pavel Tzvetkov, Anton Filipov. USING AN UNMANNED AERIAL SYSTEM IN MAPPING FINE PARTICLE POLLUTION

The paper introduces a methodology of using an unmanned aerial system for the measurement and mapping of fine particle pollution in real time. The system utilizes an unmanned aerial vehicle and a particle sensor with connection to the internet, allowing real time measurements. The paper introduces measurements taken on November 15th, 2018 in the vicinity of a high traffic highway. Two measurement flights are carried out, at an altitude of ten and twenty meters respectively. Flights at different altitudes are able to provide both horizontal and vertical patterns of the particle distribution. The results show significant patterns in the spread of the particles and demonstrate an effective methodology for real time spatial mapping of airborne pollution.

Keywords: unmanned aerial system, remote sensing, air pollution, air quality, GIS.

УВОД

Към момента пътният трафик в България е един от основните източници на емисии от прахови частици в страната. Известен факт е, че замърсяването, предизвикано от него, включващо прахови частици с размер PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀ и други газови замърсители като NO₂, има негативен ефект върху здравето.

Според обновените през 2005 г. стандарти за качество на въздуха на Световната здравна организация значителен брой изследвания представят доказателства за ефектите на фините частици с различни размери и състав. Наблюдават се ефекти върху човешкото здраве след излагане на силно въздушно замърсяване както в краткосрочен (часове и дни), така и в дългосрочен план (години) (Atkinson 2013).

Като се има предвид множеството негативни ефекти от тези замърсители, е важно да бъдат следени нивата им. Към момента съществуващите мрежи от сензори предлагат ниска пространствена точност и ограничено покритие на разпространението на замърсителите. Друго важно ограничение е времевата резолюция на получаваните данни. Това ограничава възможностите за реакция и потенциала за оперативни решения при високи нива на замърсяване.

Като решение на споменатите ограничения в това изследване е използвана мултироторна Безпилотна летателна система (БЛС) за измерването на хоризонталното и вертикалното разпространение на фини прахови частици с размери PM1, PM2.5 и PM10.

Безпилотните летателни системи (БЛС) дават нови възможности за изследвания в голям брой направления и осигуряват по-голяма прецизност в работата. БЛС разкриват значителен потенциал за изучаване на явления, които ни въздействат всеки ден.

Такова ново за България приложение е представено в това изследване: възможността за мобилно и прецизно измерване на замърсяването на въздуха над дадена територия. Чрез представеното изследване може да се добие картина на разпространението на частици в атмосферата, както и да се локализируют техни източници.

БЛС предлагат ефективна възможност за създаване на картина на дадено явление върху желана територия в реално време или близко до реалното време. Разбира се, е важно да се отчетат настоящите ограничения на техническите възможности. Едно от тях е свързано с посоката на вятъра, който променя разпространението на частиците във въздуха. Второ важно ограничение е нуждата да се доразвият възможностите за визуализация в реално време на измерените таблични данни. Това би могло да се преодолее чрез разработването на нов интернет портал.

Важна особеност на безпилотните летателни системи спрямо дистанционно управляемите летателни апарати е наличието на автопилот и навигационна система, позволяващи следването на предварително зададен летателен план. За настоящото изследване се използва БЛС в състав:

- Летателен апарат, оборудван с автопилот Pixhawk;
- Наземна контролна станция, оборудвана със софтуер Mission Planner 1.3.62;

– Полезен товар, съставляващ сензор AirBeam2 и андроид устройство с интернет връзка.

Използването на автопилот и летателен план позволява да се осъществи покритие на територия по желан начин и с желана разделителна способност спрямо нуждите на изследването.

В настоящото изследване безпилотната летателна система беше използвана за наблюдение и визуализация на праховото замърсяване, произлизащо от трафика на автомагистрала „Тракия“. Изследването бе проведено в близост до град София и по-точно изхода на автомагистрала „Тракия“ към село Лозен, показано на фиг. 1 с координати 42.625525° , 23.501813° .



Фиг. 1. Район на измерване

Fig. 1. Measurement region

Мястото на изследване беше избрано заради отдалечеността си от гъсто населени градски части, ограничавайки страничните източници на замърсяване. Както и поради големият обем на трафика в района. Обемът на трафика представя сравнително постоянна картина на замърсяването, както и реалното му разпространение в близост до населеното място.

Измерването бе проведено на 15 ноември 2018 г. в късния следобед при усилен трафик на автомагистрала „Тракия“. Метеорологичните условия по време на измерването бяха благоприятни, включително незначителната скорост на вятъра. Практическото безветрие предостави точна картина на замърсяването.

МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

В изследването са представени два измервателни полета – на височина десет и двадесет метра. Сензорите за измерване представляват първият компонент от използваната система. Измерването на данните се извършва посредством сензор за прахови частици AirBeam2 с възможност за измерване на частици от PM1, PM2.5, PM10, температура и влажност. Устройството бе избрано като икономично решение с отворен код и добра функционалност. AirBeam2 използва метод за разсейване на светлината за измерване на частиците. Въздухът се изтегля през камера, в която светлина от лазер се разпръсква от частици, намиращи се във въздушния поток. Това разсейване на

светлината се регистрира от детектор, който оценява броя на частиците във въздуха и ги превръща в данни.

Сензорните данни от AirBeam2, представен на фиг. 9 в Приложението, се прехвърлят в реално време на устройство с операционна система андроид чрез безжична Bluetooth връзка или Wi-Fi мрежа. Посредством безжична интернет връзка на андроид устройството данните се прехвърлят на интернет портал, където могат да бъдат наблюдавани в реално време. Данните могат да бъдат намерени в съответната сесия на устройството на <http://www.aircasting.org/>.

Вторият компонент на системата за осъществяването на настоящото наблюдение бе безпилотна летателна система, разработена на основата на дрон Tarot FY650 IRON MAN 650 Quad-Copter. Летателният апарат се задвижва от четири безчедкови електромотора. Контролът над полета се осъществи от автопилот тип Pixhawk, снабден с радиокомуникационен модул за двустранна връзка на честота 433MHz. Визуална картина на летателната система е представена на фиг. 8 в Приложението.

Използването на летателната система в настоящото наблюдение включва процес, който може да бъде разделен на няколко последователни стъпки.

1. Избор на подходяща територия или такава от определен интерес във връзка с локализация на въздушно замърсяване. При избора на територия и време на наблюдението трябва да бъдат взети под внимание метеорологичните условия, както и да се има предвид времето на деня и следователно активността на потенциалните замърсители. Съществен фактор в измерванията, който трябва да бъде отбелязан, е вятърът. Той играе важна роля в разпространението на праховите частици, включително и в разпространението на частиците спрямо тяхната големина и маса. Настоящото изследване бе проведено при североизточен вятър от 1–2 m в секунда.

2. Създаването на летателен план за територията с подходящи за нея параметри. Необходимо е да бъдат взети под внимание сигурността на летателната система, наличието на хора и обекти на територията на изследването, както и законовите регулации за извършването на подобна дейност. Летателният план е представен на фиг. 10 в Приложението.

За придобиване на триизмерна картина на данните е необходимо сравнение на данните при различни височини. При настоящото изследване полетите са на височина десет и двадесет метра. Тези височини дават представа на функционално значимото за нас замърсяване.

3. Следваща стъпка е създаване на сесия за измерване на андроид устройството. След създаването на сесията геореферираниите данни, които включват координатите и времето на измерените точки, се прехвърлят на интернет портала в реално време. В настоящия случай за визуализация бе използван порталът www.aircasting.org/map, който е основен за хардуера AirBeam2.

4. Данните от изследването могат да бъдат визуализирани по няколко различни начина:

– Първият начин е визуализация в реално време при изпълнението на полетния план от интернет портала www.aircasting.org/map. Данните биват изпращани от сензорите веднъж в секунда;

– Вторият начин за визуализация е след приключване на полета, на андронид устройството, свързано с AirBeam2;

– Третият – от CSV (Excel) файл с геореферирани стойности и възможност за външна визуализация. Данните дават възможност след обработка да бъдат визуализирани и интегрирани към дигитален модел на терена. Разбира се, това би отнело от целите за реално временно наблюдение.

РЕЗУЛТАТИ

Възможността за визуализиране и моделиране на разпространението на прахови частици с размер ПЧ1, ПЧ2.5 и ПЧ10 за малък регион и в реално време е демонстрирана чрез изследване в натоварен район на автомагистрала „Тракия“. Както бе споменато, наблюдението беше проведено през месец ноември 2018 г. Територията на изследването обхваща около 25 декара, непосредствено на юг от автомагистрала „Тракия“.

Първата процедура по измерването бе създаването на летателен план над избраната територия. Както беше споменато, това е сред най-важните стъпки в изследването. Летателният план отрази адекватно формата на територията, както и преобладаващата посока на вятъра към момента на полета, за да бъдат получени обективни резултати. При значителен вятър и в зависимост от посоката му данните за праховите концентрации биха се различавали от тези при безветрие.

Летателният план предвижда полети от четири надлъжни прелитания, всяко с дължина от по 200 m над територията с дистанция между тях от 50 m. Първото прелитане е на височина 10 m, второто – на 20 m. Височините на полетите бяха съобразени и избрани спрямо условията: вероятното разпространение на частиците и потенциала на картината на замърсяването. Вследствие на полетите се доби сравнителна триизмерна основа за анализ на разпространението на частиците.

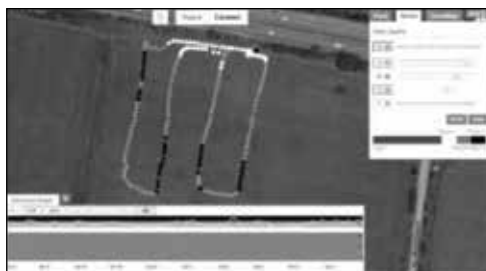
В резултат на осъществения летателен план и измервания бяха създадени шест изображения, разделени по измерени стойности и летателна височина. Събраните данни представят разпространението на частици с различна големина в непосредствена близост до обект от значителен интерес за целите на изследването – автомагистрала „Тракия“.



Фиг. 2. ПЧ1 частици на височина 10 m
Fig. 2. PM1 particles at height of 10 m

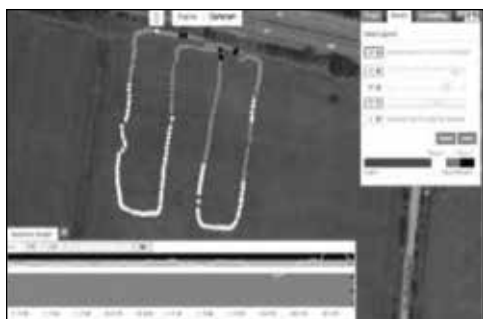


Фиг. 3. ПЧ2.5 частици на височина 10 m
Fig. 3. PM2.5 particles at height of 10 m



Фиг. 4. ПЧ10 частици на височина 10 m
Fig. 4. PM10 particles at height of 10 m

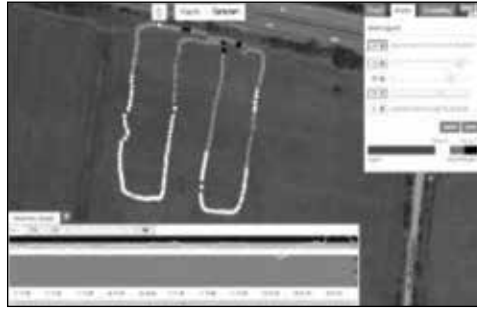
При полет номер едно с височина 10 m, представен на фиг. 2, 3 и 4, наблюдаваме статистически завишена концентрация на частици от трите стойности – ПЧ1, ПЧ2.5 и ПЧ10 в южната част на терена на наблюдение, или страната на полета, отдалечена от обекта на интерес. Следващите изображения от фиг. 5, 6 и 7 представят данните от полет номер две, с височина 20 m.



Фиг. 5. ПЧ1 частици на височина 20 m
Fig. 5. PM1 particles at height of 20 m



Фиг. 6. ПЧ2.5 частици на височина 20 m
Fig. 6. PM2.5 particles at height of 20 m



Фиг. 7. ПЧ10 частици на височина 20 m
 Fig. 7. PM10 particles at height of 20 m

При полет номер две с височина 20 m наблюдаваме завишени концентрации на прахови частици в близост и практически над обекта на интерес – автомагистрала „Тракия“.

Както можем да видим от фиг. 2 до фиг. 7, специфичният терен на изследване предлага благоприятни условия на отчетлива визуализация на резултатите. В това число трябва да бъде отбелязана липсата на негативни за измерването фактори като високи обекти, бариери и в случая липсата на висока растителност между източника на замърсяването и терена на наблюдение.

В резултат на изследването можем да добием представа за формата на разпространение на частиците. Стойностите представят картина на вертикално издигане на частиците непосредствено над обекта на изследване. След издигане на височина над 10 m има хоризонтално разпростирана и завишена концентрация, а на 20 m височина праховите частици се снижават с увеличаването на дистанцията от замърсителя автомагистрала „Тракия“. При изследването откриваме, че в близост до повърхността и до магистралата съществува район от няколко десетки метра на сравнително по-ниска прахова концентрация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

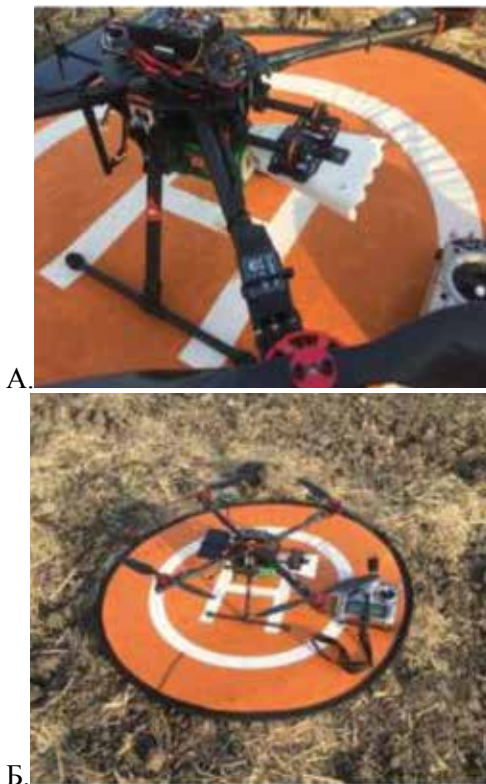
Полетите ясно показват хоризонталното и вертикално разпространение на частиците, причинени от трафика на юг от магистрала „Тракия“.

Настоящото изследване показва, че технологиите днес предоставят нови възможности за измервания както на изследователи, така и на граждани с интерес към все по-засягащата ни тема за качеството на въздуха. Изследването демонстрира, че използването на безпилотни летателни системи може да представи хоризонтални и вертикални сечения на разпространението на замърсители от пътен трафик в атмосферата. Това дава картина с по-голяма пространствена и времева резолюция от възможното и очаквано до момента.

Възможността за прецизни и мобилни изследвания разширява и дава нови приложения на измерването на въздушното замърсяване. Също така това открива нови приложения на географските изследвания чрез дистанционни методи и географски информационни системи.

Бъдещето на БЛС в измерването на качеството на въздуха е обещаващо главно благодарение на гъвкавостта им. В същото време новите технологии в сфери като химия, физика и информационни технологии се развиват бързо, предоставяйки по-добри възможности за детайлни дистанционни изследвания (Villa 2017).

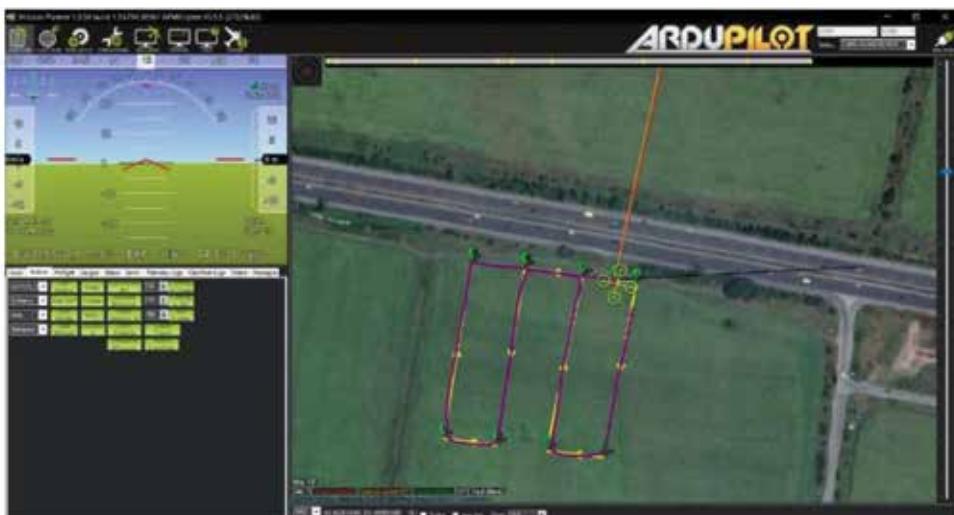
ПРИЛОЖЕНИЕ



Фиг. 8. Безпилотна летателна система тип мултиротор със сензор и трансмитер
 Fig. 8. Unmanned aircraft system ready for flight equipped with measurement sensor



Фиг. 9. AirBeam 2, описание и физически характеристики готовност за полет
 Fig. 9. AirBeam 2, physical characteristics



Фиг. 10. Летателен план при измерването
 Fig. 10. Measurement flight plan

ЛИТЕРАТУРА

- Илинский, А. 2017. ГИС в търсене на нефтени находища. Всерусийски научноизследователски геологопроучвателен институт (ВНИГРИ) и Санкт-Петербургски национален изследователски университет по информационни технологии, механика и оптика (ИТМО).
- Филипов, А. 2017. Използване на безпилотна летателна система за фотограметрични цели. – *Год. на СУ, ГГФ*, т. 102.
- Atkinson, R. L., T. Barregård, R. Bellander et al. 2013. Review of evidence of health aspects of air pollution. – In: WHO Technical report, REVIHAAP Project, 2013.
- Villa, T. F., B. Miljevic, Z. D. Ristovski et al. 2016. An Overview of Small Unmanned Aerial Vehicles for Air Quality Measurements: Present Applications and Future Prospectives, International Laboratory for Air Quality and Health (ILAQH). Queensland University of Technology (QUT)
- Weber, K. G, C. Heweling, M. Fischer et al. 2017. The use of an octocopter UAV for the determination of air pollutants, Laboratory for Environmental Measurement Techniques Duesseldorf University of Applied Sciences.

SUMMARY

USING AN UNMANNED AERIAL SYSTEM IN MAPPING FINE PARTICLE POLLUTION

The paper introduces a methodology of using an unmanned aerial system for the measurement and mapping of fine particle pollution in real time. The system utilizes an unmanned aerial vehicle and a particle sensor with connection to the internet, allowing real time measurements. The paper introduces measurements taken on November 15th, 2018 in the vicinity of a high traffic highway. Two measurement flights were carried out, at an altitude of ten and twenty meters respectively. Flights at different altitudes provided both horizontal and vertical patterns of the particle distribution.

As a result of the study, we can get an idea of the particle propagation. The values present a picture of the vertical uplift of the particles immediately above the object of study. After rising to a height of over 10 meters there is a horizontally spread and increased concentration, and at a height of 20 meters the dust particles decrease with increasing distance from the pollutant. In the study we find that near the surface and the highway there is an area of several tens of meters of relatively lower dust concentration.

This study shows that technology today provides new measurement opportunities for both researchers and citizens with an interest in the increasingly pressing issue of air quality. The study demonstrates that the use of unmanned aerial systems can represent horizontal and vertical sections of the spread of airborne pollutants in the atmosphere. This gives a picture with a larger spatial and temporal resolution than is possible and expected so far. The possibility for precise and mobile research expands and gives new applications to the measurement of air pollution. It also opens up new applications for geographical research through remote sensing methods and GIS in general.

Постъпила април 2019 г.