

Do wykorzystania na lekcjach:
biologii i matematyki.

KRUKOWATE

Zadanie na jeden z jesienno-zimowych wieczorów

Marek Ostrowski

WIEM

Zobrazowania trójwymiarowe (3D) stają się coraz częściej powszechną metodą zapisu i analizy zjawisk przestrzennych. Na podstawie zdjęć stereoskopowych można tworzyć trójwymiarowe modele przestrzenne obiektów trwale umiejscowionych w przestrzeni, na przykład związanych z powierzchnią Ziemi. W trzech wymiarach możemy jednoznacznie wyznaczyć współrzędne geodezyjne na przykład rzeźby terenu, elementów pokrycia, wypełnienia, zabudowy urbanistycznej i infrastruktury i na ich podstawie budować trójwymiarowy model przestrzeni. Można też tworzyć obrazy przestrzenne wnętrza obiektów, o ile mamy techniczne możliwości, aby je prześwietlić, np. metodami tomografii rentgenowskiej czy rezonansu magnetycznego.

W wypadku badań środowiskowych nowym zadaniem stojącym przed fotogrametrią i teledetekcją jest tworzenie map obiektów znajdujących się w oderwaniu od stałych struktur Ziemi, na przykład rozkładu obiektów zawieszonych w powietrzu lub w wodzie. Dodatkową trudność może sprawiać przemieszczanie się zbioru tych obiektów i w związku z tym ciągle zmiany wzajemnych relacji przestrzennych, zarówno w poziomie, jak i w pionie. Przykładami takich dynamicznych układów są stada ptaków czy ławice ryb, a także chmury niesionych z prądem zawiesin planktonu czy zawiesin pylistych i gazowych w atmosferze.

Prezentowany tutaj przykład to niepublikowane dotąd opracowanie tworzenia rozkładu przestrzennego stada ptaków na podstawie, co ważne, pojedynczego, niestereoskopowego zdjęcia lotniczego. Zadanie to można wykonać na lekcjach biologii i matematyki. Zdjęcia stereoskopowe, wykonywane jako seria zdjęć jedno po drugim i nakładające się co najmniej w połowie, stosowane jako podstawowa metoda do tworzenia fotomap obiektów trwałych, nie znajdują tu zastosowania. Rozwiązaniem może być metoda praktycznego wykorzystania wiedzy z klasycznej geometrii (np. twierdzenie Talesa), wyniesiona z lekcji matematyki na poziomie szkoły podstawowej.

W Warszawie można obserwować zjawisko osobliwe ze względu na swoją skalę. Od kilkudziesięciu już lat na początku listopada co roku pojawia się liczna populacja krukowatych (*Corvidae*), licząca od 100 tysięcy do okresowo ponad ćwierć miliona osobników, która opuszcza Warszawę pod koniec lutego lub na początku marca. W tym czasie można obserwować codzienne, regularne, poranne i wieczorne przeloty krukowatych z noclegowisk w centrum

miasta na żerowiska na jego przedpolach, a wieczorem powroty do śródmieścia.

Populacje krukowatych tworzą gawrony (*Corvus frugilegus*), kawki (*Corvus monedula*) i wrony siwe (*Corvus cornix*). Większość z nich przybyła do Warszawy z dalekiej Północy, by tu, w cieplejszym klimacie, spędzić zimę.

Miejsca noclegowisk w centrum miasta można łatwo zlokalizować wieczorami, gdy wielotyśne stada ptaków obsiadają drzewa w rejonie Pola Mokotowskiego, parku Świętokrzyskiego, Ogrodu Krasieńskich, ogrodu zoologicznego, cytadeli, kępy Potockiej, parku Skaryszewskiego i wielu innych miejsc. Przez wiele lat centralnym noclegowiskiem był też las Bielański. Masowa obecność ptaków spowodowała przenawożenie podłoża odchodami. Konsekwencją jest zanieczyszczenie i zmiana środowiska w postaci przebudowy składu gatunkowego roślin. W poszyciu lasu masowo pojawiły się rośliny azotolubne. Sukcesję gatunkową można obserwować ze ścieżki dydaktycznej poprowadzonej przez rezerwat.

Podczas przelotu z i do centrum miasta z niezwykłą regularnością na tle nieba pojawiają się strumienie tysięcy ptaków, przemieszczające się z reguły tymi samymi stałymi trasami. Trasy te nazywamy korytarzami ekologicznymi.

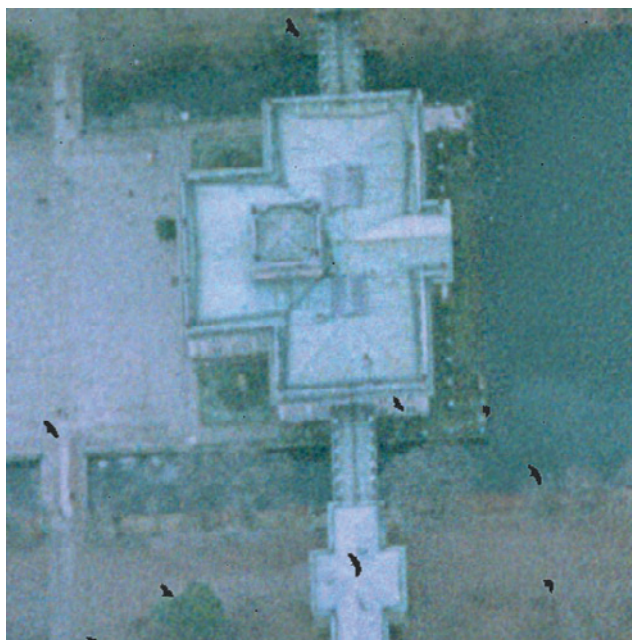
Biologia ptaków, powtarzalność ich zachowań, rozkład lotów i geografia tras są bardzo interesujące i coraz lepiej rozpoznane. Nadal jednak bardzo mało wiemy o dynamice stada (gatunkowej, przestrzennej, lokalnych dyslokacjach, powodach nagłych „zabaw” w trakcie lotu, gdy ptaki tworzą wirujące kręgi). Stąd też każdy sposób pozwalający rozszerzyć wiedzę o ptakach jest cenny. Każdy z nas może dzięki swoim obserwacjom wnieść wiele nowego do wiedzy o ekologii i zachowaniach krukowatych.

Przedstawiona praca to dokonana po raz pierwszy metodą telemetrii lotniczej próba analizy nie tylko grafów tras przelotu i rozkładu poziomego lecących ptaków, ale również rozkładu przestrzennego w układzie pionowym połączona z budową trójwymiarowego modelu fragmentu strumienia lecących ptaków.

ANALIZUJĘ

Sfotografowanie lecącego stada krukowatych z samolotu o zmierzchu, przy ograniczonym natężeniu światła nie jest proste. Czarne sylwetki ptaków są dobrze widoczne z ziemi nawet po zmierzchu, bo są obserwowane na tle jaśniejszego nieba. Z wysokości samolotu natomiast ciemne ptaki na ciemnym tle ziemi i mroku kryjącego się w zabudowie stają się praktycznie niewidoczne. Na dodatek należy lecieć odpowiednio wysoko, aby obecność samolotu nie płoszyła ptaków i nie wpływała na zmianę kursu ich przelotu oraz układu socjalnego w stadzie. Dodatkowy problem spowodowany jest dużymi szybkościami przemieszczania się względem siebie. Nie tylko kierunek obserwacji utrudnia dokonanie obserwacji, ale również wysokość – im

wyższy jest pułap lotu, tym ptaki są rejestrowane jako coraz mniejsze obiekty, co wpływa zarówno na rejestrację ich sylwetek, jak i później na dokładność pomiarów. Na zdjęciu po elektronicznym skontrastowaniu (wzmocnieniu sylwetek ptaków i silnym rozjaśnieniu tła) widać przelot pojedynczych ptaków nad parkiem Łazienkowskim podczas zapadającego zmierzchu.



Czy ptaki lecą na jednej wysokości?

fol. M. Ostrowski

Praca składa się z trzech etapów:

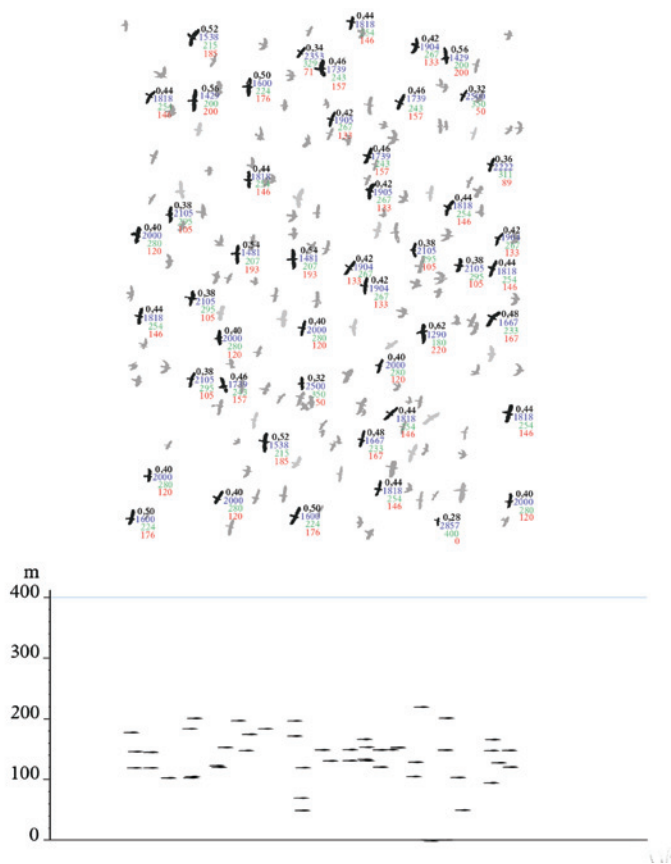
- wydzielenia obiektów ptakopodobnych;
- eliminacji obiektów, które nie są sylwetkami ptaków z rozłożonymi symetrycznie skrzydłami;
- zastosowania metod klasycznej geometrii do analizy położenia w przestrzeni obiektów o znanej wielkości, uznanych za ptaki w swobodnym poziomym locie.

Wydzielenie z tła na tak uzyskanym zdjęciu wszystkich obiektów „ptakopodobnych” wymagało zastosowania programów do analizy obrazowej. Następnie przyjąłem założenie, że każdy ptak ma średnią wartość maksymalnie rozpostartych skrzydeł – 80 cm. Różnice w wielkości ptaków rejestrowane na filmie (w tym wypadku – analogowej kliszy fotograficznej) powinny wynikać z różnego oddalenia od detektora.

Założenie metodyczne: wielkość osobnika na zdjęciu jest odwrotnie proporcjonalna do odległości od obserwatora (oddalenia od samolotu) i wprost proporcjonalna do odległości danego ptaka od powierzchni gruntu (wysokości lotu). Różnice w odwzorowaniu wielkości sylwetki ptaka na obrazie niestereoskopowym mogły wynikać z wielu innych przyczyn, m.in. z rzeczywistych różnic w indywidualnej budowie, skrótu perspektywicznego, ruchu skrzydeł lub niepoziomego lotu ptaka w danym momencie. W regularnie lecącym stadzie, liczącym tysiące osobników, w tym samym momencie wiele ptaków zajmuje tę samą pozycję. Różnice w odwzorowaniu są spowodowane przede wszystkim wysokością lotu i odległością od samolotu rejestrującego ich położenie. Różnice w odległości od kamery przekładające się na wielkość sylwetki na kliszy i jednocześnie stała odległość samolotu od powierzchni Ziemi pozwalają obliczyć położenie każdego ptaka z osobna w przestrzeni między Ziemią a samolotem. W konsekwencji można zbudować przestrzenny model lecącego stada.

Na tym rysunku (*Pokolenie Varsovia.pl*, s. 69) pokazany został poziomy rozkład stada i wyliczony rozkład przestrzenny stada ptaków sfotografowanych w rejonie Powiśla. Kilkumetrowa dokładność wysokości lotu wynika z błędów pomiarów. Może to jednak spowodować, jak w wypadku zamieszczonego wykresu, że jeden z ptaków leci pół metra... pod powierzchnią ziemi. Takie przypadki mają szczególnie dużą wartość edukacyjną – uczą dystansu do własnych wyników naukowych, a przy tym nadają ludzki rys zarówno opracowaniom naukowym, jak i zimnym wynikom statystycznym.

Rysunek (część górna) przedstawia rozkład poziomy stada krukowatych z umieszczonymi obok obliczeniami, począwszy od wielkości sylwetki na kliszy i ogniskowej obiektywu. Na ich podstawie wyliczony został rozkład pionowy stada (rysunek – część dolna). Wybranim losowo sylwetkom ptaków (zaznaczonych ciemniej) przypisano wyniki pomiarów w skali odwzorowania, odległości od obiektywu oraz rzeczywistej wysokości nad powierzchnią ziemi (wyliczona odległość ptaka od obiektywu kamery zamontowanej w samolocie była odejmowana od wysokości lotu kontrolowanej przez nawigatora).



DZIAŁAM

Aparat fotograficzny oraz metody obrazowe są coraz częściej podstawowym narzędziem jakościowych i ilościowych badań naukowych. W tym zadaniu zostaną wykorzystane w tej właśnie funkcji.

Tuż przed zmierzchem wybieram się w rejon, wcześniej ustalonej, jednej z dziesiątków tras przelotu krurowatych nad Warszawą. Ciemne sylwetki na tle jaśniejszego od nich nieba są dobrze widoczne i nie powinno być kłopotu z ich sfotografowaniem. Wyposażony w aparat fotograficzny, ustawiam się tak, aby ptaki przelatywały nade mną. Wszystkie zdjęcia wykonuję, nie zmieniając ogniskowej. Skalę odwzorowania można obliczyć, znając rzeczywistą fizyczną wielkość piksela matrycy detektora, rzeczywistą ogniskową obiektywu i wielkość odwzorowania każdego ptaka na matrycy. Różna skala ptaków i jednocześnie przyjęte niezbędne założenie, że wszystkie ptaki są tej samej wielkości (co w rzeczywistości nie jest prawdą) pozwolą nie tylko zobrazować poziome rozmieszczenie ptaków w stadzie, szerokość strumienia, ale również wyznaczyć bezwzględną odległość od fotografującego. Można też podejść do sprawy inaczej. Wystarczy kontrolnie sfotografować na przykład odcinek o długości metra z porównywalnej odległości (pamiętajmy o użyciu tej samej ogniskowej obiektywu) i porównać z wielkością poszczególnych ptaków w stadzie.

Jakie prawa znane z geometrii mają zastosowanie w tym wypadku?

Jaka jest odległość najniżej lecącego ptaka (a więc największego na obrazie) od powierzchni Ziemi? Muszę pamiętać, aby do pomiaru wysokości nad gruntem została dodana wysokość człowieka (ściślej – odległość między powierzchnią Ziemi a obiektywem).

Co ma wpływ na dokładność pomiaru i co wynika z moich obserwacji?

Wyniki badań można przesłać na adres autora i samemu stać się współtwórcą bazy danych o przelotach krurowatych.

Marek Ostrowski

Uniwersytet Warszawski

e-mail: samper@samper.pl