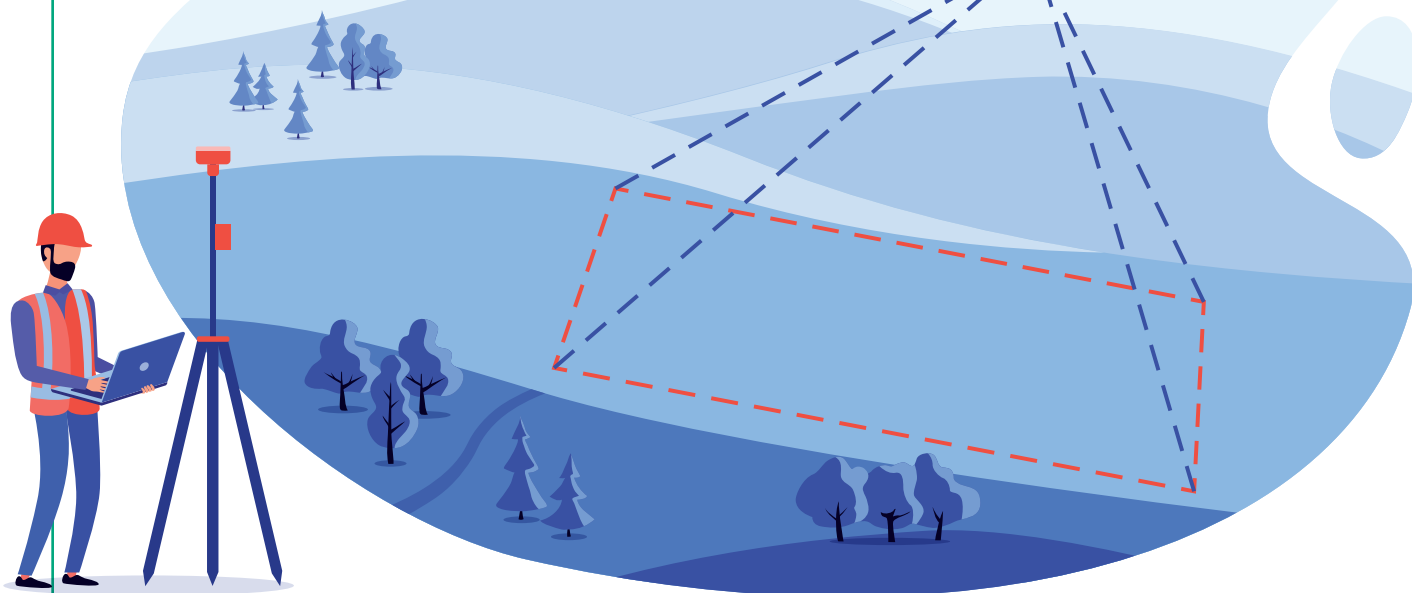


Latać bez załogi, ale z głową

O dobrych praktykach wykorzystania bezzałogowych statków powietrznych w geodezji mówią prof. KRYSZTOF PYKA i PAWEŁ WIĄCEK z AGH oraz MIROSŁAW GUZIK z krakowskiej firmy Geoxy



JERZY KRÓLIKOWSKI: Artykuł o dobrych praktykach wykorzystania dronów w geodezji, który opublikowali panowie niedawno na łamach „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji” (bit.ly/praktyki-bsp), wzbudził spore zainteresowanie czytelników Geoforum.pl. We wstępie piszą panowie, że jest on odpowiedzią na brak konkretnych przepisów w tym zakresie. Czy takie regulacje powinny powstać?

Prof. KRYSZTOF PYKA, Katedra Fotogrametrii, Teledetekcji Środowiska i Inżynierii Przestrzennej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie: W obowiązującym od sierpnia 2020 r. rozporządzeniu o standardach na temat fotogrametrii nie ma ani słowa, choć i nas trzech, i wielu innych specjalistów z tej dziedzi-

ny postulowało, by znalazła się tam choćby symboliczna wzmianka. Mam jednak świadomość, jakie są dziś uwarunkowania – skoro inne techniki pomiarowe nie są uregulowane, to nie ma co liczyć, że fotogrametria niskiego pułapu będzie potraktowana w sposób szczególny. W obowiązujących przepisach dostrzegam jednak pewne niespójności. W załączniku nr 4 do rozporządzenia *ws. EGIB* z 2021 r. – chyba przez zapomnienie – w tabeli z atrybutami punktów granicznych pojawiło się pojęcie „geodezyjny pomiar fotogrametryczny”. Sęk w tym, że w standardach z 2011 r. to pojęcie było zdefiniowane, a w nowych zniknęło.

PAWEŁ WIĄCEK, doktorant na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH: Podejście, jakie przy-

jęto w obowiązujących standardach, ma swoje pluse i minusy. Plusem jest oczywiście to, że nie musimy się zastanawiać, czy dana technika pomiarowa jest dopuszczalna, a obowiązek wykazania, że spełnia normy dokładnościowe, leży po stronie wykonawcy pracy. Tu jednak pojawiła się pewna luka. Wprawdzie technika fotogrametryczna umożliwia uzyskanie zakładanych dokładności, ale nie dzieje się to samo – bez żadnego ludzkiego wkładu i kontroli. Aby zatem wykonawca pracy oraz PODGiK, który ją kontroluje, mieli pewność, że opracowanie faktycznie spełnia określone wymagania, potrzebne są pewne zalecenia. Powinny one przedstawiać w miarę uniwersalne zasady, które pomogą i jednej, i drugiej stronie. Ale moim zdaniem wcale nie musi to mieć formy

rozporządzenia. Tę właśnie lukę chcieliśmy wypełnić naszym artykułem.

MIROSLAW GUZIK, dyrektor ds. fotogrametrii i lidar w firmie Geoxy z Krakowa: Jeszcze kilka lat temu uzyskanie pozytywnej weryfikacji operatu, w którym zastosowano pomiary fotogrametryczne z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych (BSP), było bardzo trudne. W firmie Geoxy robiliśmy to wprawdzie od dawna, ale taki operat przygotowywaliśmy zgodnie z zasadami fotogrametrii wielkoformatowej, był on zatem bardzo obszerny i szczegółowo opisywał przebieg oraz wyniki prac. No i oczywiście podpisywał go geodeta z uprawnieniami w zakresie 7 [fotogrametria i teledetekcja – red.]. Zatem wówczas przepisy, które otwierałyby możliwości wykorzystania BSP dla szerszego grona wykonawców, bardzo by się przydały. Ale po wejściu w życie nowych standardów takiej potrzeby już nie widzę. Teraz wszystko opiera się na odpowiedzialności kierownika pracy – to on dobiera technikę pomiarową i ponosi odpowiedzialność za jej stosowanie. Natomiast myślę, że nasz artykuł będzie dla wielu geodetów pomocny. Szczególnie dla tych, którzy nie mieli do czynienia z fotogrametrią wielkoformatową.

KP: Czyli twoim zdaniem sytuacja w PODGiK-ach już się poprawiła?

MG: Zdecydowanie. Od wejścia w życie nowych standardów wykorzystanie tej techniki nie jest już w zasadzie kwestionowane. Nie bez znaczenia jest też to, że z przepisów ws. BDOT500 i GESUT zniknęła hierarchia źródeł danych, która zupełnie bezzasadnie plasowała pomiar fotogrametryczny nawet poniżej digitalizacji. To był dodatkowy problem, bo często PODGiK-i pytały nas, dlaczego sięgnęliśmy akurat po tę technikę, a nie którąś z „lepszych”.

Gdy porównałem panów artykuł z tym, co można znaleźć w opisach sprzętu i oprogramowania, nasunęły mi się trzy refleksje. Po pierwsze, pisząc o dokładności, dystrybutorzy i producenci skupiają się głównie na ortomozaice oraz chmurze punktów 3D, tymczasem panowie kładą nacisk na pomiar bezpośrednio na zdjęciach – stereoskopowy i monoskopowy.

KP: Ja i Mirosław Guzik wywodzą się z fotogrametrii wysokiego pułapu, a więc stricte pomiarowej, a tam ten typ pomiaru jest rzeczą oczywistą. Mierzymy zatem na zdjęciach, a nie na czymś, co jest względem nich wtórne. Chmura punktów jest bowiem pochodną zdjęć, a ortomozaika to jeszcze następny etap obróbki. Wprawdzie ortomozaika wydaje się podobna do zdjęcia, ale jest jakościowo słabsza – nie jest tak ostra, ma gorszą radio-

metrię, powstają na niej różne artefakty. Kolejną zaletą jest szybkość pomiaru, bo nie musimy angażować sporych mocy obliczeniowych komputera do generowania chmury czy mozaiki. Poza tym na ortomozaice dany szczegół widzimy tylko raz, a na zdjęciach wiele razy, co przekłada się na wyższą dokładność.

Obecnie zdecydowanej większości „droniarzy” pomiar stereo- czy monoskopowy w ogóle nie przychodzi do głowy. Po części dlatego, że wiele dostępnych programów od razu sugeruje generowanie ortomozaiki i chmury punktów. Zdecydowanie warto reklamować takie pomiary, bo są prostsze, szybsze i dokładniejsze. Technikę tę rekomendujemy w pomiarach szczegółów terenowych dla EGiB czy BDOT500. Natomiast określanie np. objętości składowisk zdecydowanie łatwiej wykonywać na chmurze.

PW: W naszym artykule nie wykluczamy oczywiście pracy na ortomozaice czy chmurze punktów, ale musimy mieć świadomość, co możemy na nich mierzyć. Ortomozaika ulega pewnym zniekształceniom i zawiera błędy, które są tym większe, im gorzej w danym miejscu wygląda model przestrzenny. Sztandarowym przykładem są naroża budynku, które w zdecydowanej większości przypadków są nie-

larna, ale to już się zmieniło. Zresztą w ostatnim czasie rozwój tych aplikacji w ogóle znacznie przyspieszył. Jeszcze kilka lat temu trudno było znaleźć w nich choćby tak przydatną funkcję, jak możliwość wykorzystania zewnętrznego NMT do generowania ortofotomapy, by uniknąć artefaktów wokół budynków.

Druga kwestia to fotopunkty. Producenci i dystrybutorzy mówią niekiedy, że wykorzystując drona z odbiornikiem RTK/PPK, w zasadzie można się bez nich obejść. Panowie to jednak odradzają.

PW: Będąc precyzyjnym, w artykule wyróżniamy dwa rodzaje punktów: fotopunkty i punkty kontrolne. Wykorzystując odbiornik PPK/RTK, dopuszczamy zrezygnowanie z tej pierwszej grupy, odpowiedzialnej za wyrównanie zdjęć, ale już nie z tych drugich. Bez punktów kontrolnych nie mamy bowiem żadnej kontroli nad dokładnością, jaką uzyskujemy. Może zdarzyć się np. tak, że dokładność 10% środków rzutów będzie zaburzona, a odbiornik nam tego nie zaraportuje. Drastycznie wpłynie to wówczas na jakość całego wynikowego opracowania.

KP: Nawet mimo użycia odbiornika RTK/PPK w opracowaniach potrafią pojawiać się niewielkie, ale jednak błędy systematyczne. Dlatego warto korzys-

MIROSLAW GUZIK: Kilka lat temu przepisy, które otwierałyby możliwości wykorzystania BSP dla szerszego grona wykonawców, bardzo by się przydały. Ale po wejściu w życie nowych standardów takiej potrzeby już nie widzę. Teraz wszystko opiera się na odpowiedzialności kierownika pracy.

możliwe do pomiaru, bo są przesłaniane przez fragmenty konstrukcji, a do tego mozaika ulega tu dużym deformacjom. Tymczasem przy technice mono- i stereoskopowej narażenie widzimy na wielu zdjęciach, na obrazie niezniekształconym.

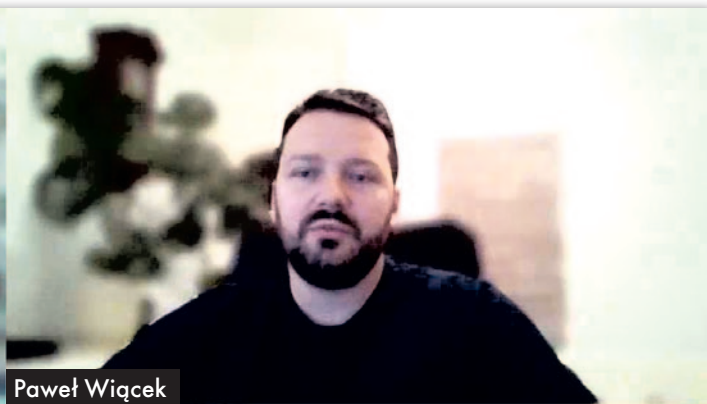
MG: Właśnie z tych powodów, o których mówicie, my wykonujemy pomiary stereo. Dla nas to coś oczywistego. Skoro nasi klienci wymagają od nas przede wszystkim wysokiej dokładności, nie możemy bazować na ortomozaice, która jest obarczona dodatkowymi błędami. W Geoxy wykorzystujemy rozwijane pod kątem fotogrametrii wielkoformatowej oprogramowanie Inpho, gdzie pomiar ten był zawsze dostępny. W programach projektowanych z myślą o dronach początkowo była to funkcja mało popu-

tać z fotopunktów. Czy jeden wystarczy? Tego nie zagwarantuję, 2–3 byłyby bezpieczniejszym rozwiązaniem. Fotogrametria bywa na tyle zdradliwa, że wszystko potrafi się ładnie wewnątrznie ułożyć, ale mimo to znajdzie się w nieco innym miejscu na ziemi. Zatem punkty kontrolne – zawsze, a fotopunkty – choćby śladowa liczba.

MG: Tak właśnie robimy. Skoro – jak już mówiłem – klienci oczekują od nas wysokiej dokładności, to warto te fotopunkty pomierzyć, choćby później nie zostały wykorzystane albo posłużyły jako punkty kontrolne. Jeśli jedziemy daleko na obszar nalotów i mamy do pomiarzenia kilka kilometrów kwadratowych, nie możemy pozwolić sobie na to, że dopiero po powrocie do biura wyjdzie na jaw nis-



Jerzy Królikowski



Paweł Wiącek



prof. Krystian Pyka



Mirosław Guzik

ka dokładność wynikowego opracowania spowodowana brakiem fotopunktów.

KP: Pewne jest to, że odbiornik PPK/RTK pozwala znacznie zredukować liczbę fotopunktów, a to dla fotogrametrii z niskiego pułapu duża zaleta.

I wreszcie trzecia kwestia. W artykule zwracają panowie uwagę na wyznaczanie parametrów kalibracji kamery, o czym raczej rzadko się mówi. Dlaczego to takie istotne?

PW: Mówiąc precyzyjnie, chodziło nam o samokalibrację, czyli wyznaczanie parametrów kalibracji w trakcie wyrównania zdjęć, za co odpowiada program do obróbki zdjęć. Zwracamy uwagę, że musimy skontrolować, czy ten model, który uzyskaliśmy, jest poprawny, czy nie doszło do poważnych zniekształceń – to możemy zauważyć na wykresie odchyłek po kalibracji. Może on nam bardzo dużo powiedzieć.

Co nie zmienia tego, że samokalibracja jest konieczna, bo kamera jest bardzo czuła na zewnętrzne warunki. Czynniki takie jak wilgoć, temperatura czy wstrząsy wpływają na parametry orientacji wewnętrznej. Ale wykonanie zwykłej kalibracji też nie zaszkodzi – pozwala nawet przyspieszyć przetwarzanie danych. Z takiego założenia wychodzi choćby firma DJI, w której dronach każda kamera ma swoją prekalibrację wczytywaną do oprogramowania przed wykonaniem samokalibracji.

Jakie błędy najczęściej popełniają geodeci, wykorzystując w pomiarach zdjęcia z dronów?

MG: W przypadku naszej firmy błędy mają bardziej charakter rynkowy niż techniczny. Są po prostu spowodowane tym, że klienci oczekują od nas szybkości działania i niekiedy musimy wykonywać zdjęcia w niesprzyjających warunkach

opracowaniach bywa sporym problemem. Dlatego ostatnio zwracamy bardzo dużą uwagę na pogodę. Widzę zresztą, że z problemem tym mierzy się wielu naszych kolegów z konkurencji, szczególnie tych zajmujących się kopalniami odkrywkowymi. Inwentaryzacja tych obiektów często może odbywać się jedynie w wąskich oknach czasowych, a bywa, że akurat wtedy pogoda jest niesprzyjająca. Wówczas hańdę trzeba pomierzyć metodami klasycznymi. Przy zakupie drona często się o tym w ogóle nie myśli.

Natomiast jeśli chodzi o błędy techniczne, to myślę, że wielu geodetów zbyt mało ufa dostawcom sprzętu i oprogramowania, którzy zachęcają: „kupisz drona, wykonasz nalot i po chwili masz wszystko gotowe”. W rezultacie wiele osób czuje się takim zakupem rozczarowanych. Dlatego wcześniej warto samemu wykonać lot testowy i opracować dane.

KP: Ponadto geodeci za bardzo ufają domyślnym ustawieniom oprogramowania. A fotogrametria bywa bardzo subtelna – wizualnie opracowanie wydaje się poprawne, choć w rzeczywistości może zawierać poważne błędy. Oprogramowanie Inpho, z którego korzysta firma Geoxy, wymaga zdecydowanie wyższej świadomości fotogrametrycznej niż Metashape czy Pix4D. Tego typu aplikacje często nie sugerują regulowania ustawień, które wpływają na wynikową jakość opracowania, jak choćby dokładność fotopunktów.

PW: Częsty problem to także utożsamianie błędów na fotopunktach z dokładnością wynikowego opracowania. Tymczasem wartości te potrafią się znacząco różnić. Bywa ponadto, że geodeci utoż-

PAWEŁ WIĄCEK: Ortomozaika ulega pewnym zniekształceniom i zawiera błędy, które są tym większe, im gorzej w danym miejscu wygląda model przestrzenny. Sztandarowym przykładem są naroża budynku.

KP: Bywa tak, że samokalibracja niepotrzebnie koryguje błędy, które są efektem np. nieprawidłowego pomiaru fotopunktów, a to powoduje z kolei „zaszumienie” wynikowego opracowania. Dlatego trzeba kontrolować jej wy-

pogodowych. W efekcie dopiero po powrocie do biura okazuje się np., że mamy niewystarczające pokrycie zdjęć, wiatr był za silny, zamglenie za duże, a część środków rzutów się nie zapisała. Wtedy trzeba wrócić w teren, co przy większych

samiają błąd średni z dokładnością całego opracowania, nie zwracając uwagi na rozrzut błędów, ich wartości minimalne i maksymalne. Może się wówczas okazać, że jedna strona naszego opracowania jest bardzo dobra, ale druga, na której bardziej nam zależy – już niekoniecznie. Kolejną kwestią jest definiowanie parametrów wyrównania. Fotogrametria jest na tyle czuła, że powinny być one dopasowane do lokalnych warunków, np. wysokiej roślinności, gęstej zabudowy czy niskich deniwelacji. To wszystko ma późniejszy wpływ na dokładność.

W podsumowaniu swojego artykułu podkreślają panowie, że stanowi on „szereg ogólnych zaleceń”. Gdzie geodeci powinni szukać bardziej szczegółowych wytycznych?

KP: Nie ma jednego uniwersalnego źródła. Jest to bowiem technika nowa, która bardzo szybko się zmienia. Dobrym przykładem jest wprowadzenie dronów z odbiornikiem PPK/RTK, co znacznie uprościło prace. Nie miałbym jednak nic przeciwko temu, gdyby wytyczne w tym zakresie ukazały się na stronie GUGiK i były systematycznie aktualizowane. A takie rekomendacje opublikowano dla fotogrametrii wielkoformatowej, choć nie wynikają one przecież z żadnych przepisów. Poza tym warto wspomnieć, że Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji właśnie ogłosiło termin tegorocznego sympozjum (26–28 września), na którym być może nawet cały dzień zostanie poświęcony BSP.

PW: To nie jest tak, że w naszym artykule napisaliśmy coś zupełnie nowego. Liczne publikacje na ten temat pojawiają się bowiem już od 2015 r., a my postanowiliśmy przedstawić płynące z nich kluczowe wnioski, tak aby geodeta nie musiał samodzielnie przeglądać tych źródeł. Ponadto w przypadku dronów wciąż zastosowanie mają wszelkie publikacje z zakresu fotogrametrii wysokiego pułapu, z podręcznikiem prof. Zdzisława Kurczyńskiego na czele.

MG: Oprócz wiedzy ważna jest także praktyka. Dlatego przed zakupem drona radzę poświęcić kilka dni na samodzielne zapoznanie się z tą techniką, porównać ją z wynikami pomiarów tachymetrycznych czy GNSS, a także sprawdzić, czy spełnia nasze oczekiwania.

Czy przeciętny absolwent geodezji i kartografii, np. na AGH, ma wnioski z panów artykułu „w małym palcu”?

KP: Z moich obserwacji wynika, że studenci są obecnie bardzo otwarci na zgłębianie tej wiedzy. Drony jako jedna z metod pomiaru geodezyjnego są u nas prezentowane na studiach inżynierskich, początkowo w ramach fakultetu,

teraz w ramach przedmiotu obowiązkowego. Mamy też specjalność fotogrametryczną, na której zagadnienie to jest pogłębiane. Na AGH prowadzimy także studia podyplomowe „Zastosowania bezzałogowych statków latających w rozwiązywaniu zagadnień inżynierskich”, które zainicjował prof. Paweł Ćwiakała.

Kilka lat temu niektóre PODGiK-i miały wątpliwości, czy od geodetów wykorzystujących zdjęcia z drona nie wymagać uprawnień w zakresie 7. Dziś przyjęło się już, że nie są one potrzebne. Ale czy nie widzą panowie konieczności, by technikę tę jednak jakoś „wpiąć” w system uprawnień zawodowych?

KP: Ja i Mirosław Guzik wyrosliśmy z fotogrametrii i posiadamy w tym zakresie uprawnienia, dlatego uważamy, że warto byłoby ich wymagać. Byłoby wówczas mniej hurraoptymizmu, a więcej refleksji nad uzyskiwanymi rezultatami. Ale mleko się rozlało. Skoro w nowych standardach zrównano wszystkie metody pomiarów geodezyjnych, to na taki wymóg jest już za późno. Poza tym znacznie ograniczyłyby to rozwój tej techniki. Szkoda jednak, że GUGiK traktuje fotogrametrię nieco po macoszemu. To się zaczęło, gdy do rozporządzenia ws. EGIB zmienacka wprowadzono możliwość ustalania granic nieruchomości na ortofotomapie, bez wychodzenia w teren. Stało się to pochopnie, bez właściwego przygotowania, w efekcie część środowiska była temu przeciwna, twierdząc, że nie jest to technika tak do-

że w ciągu ostatnich 7 lat uprawnienia te zdobyło tylko 6 osób. Taki wymóg w praktyce zablokowałby więc całą nową gałąź. Ale być może zagadnienia te powinny znaleźć się w pytaniach egzaminacyjnych z zakresu pomiarów sytuacyjno-wysokościowych.

KP: To ciekawy pomysł. Skoro godzimy się na to, że fotogrametria staje się po prostu jedną z wielu technik pomiaru geodezyjnego, to dlaczego nie pojawia się w pytaniach egzaminacyjnych np. dla zakresu 1?

MG: Ja wolałbym jednak zostawić te zagadnienia w „siódemce”. No chyba że zakres ten miałby być likwidowany.

Patrząc na wysokie tempo rozwoju technologii związanych z BSP, nie mają panowie obaw, że ten artykuł szybko się zdezaktualizuje?

KP: To oczywiście, nic nie jest dane raz na zawsze. Myślę, że z biegiem czasu coraz popularniejsze stawać się będzie skanowanie laserowe z niskiego pułapu, a tu obowiązują nieco inne reguły gry. Większe znaczenie mają choćby wskazania inercyjnego systemu nawigacji. Spore zmiany widać także w zakresie wydajności BSP oraz systemów bezpieczeństwa. Dlatego zapewne za 2 lata trzeba będzie pomyśleć o aktualizacji tej publikacji.

PW: Nasz artykuł może zdezaktualizować się w tym zakresie, że operator nie będzie już musiał zwracać uwagi na kwestie, o których piszemy. Wszystko będzie się bowiem działo automatycznie, na zasadzie czarnej skrzynki.

Prof. KRYSZTOF PYKA: Fotogrametria bywa na tyle zdradliwa, że wszystko potrafi się ładnie wewnętrznie ułożyć, ale mimo to znajdzie się w nieco innym miejscu na ziemi. Zatem punkty kontrolne – zawsze, a fotopunkty – choćby śladowa liczba.

kładna, jak się o niej mówi. „Siódemka” straciła już swoje znaczenie i dziś jest wymagana niemal wyłącznie przy dużych zleceniach, do realizacji których wystarczy maksymalnie kilkadziesiąt osób w skali kraju.

MG: Mam podobne refleksje dotyczące marginalizacji fotogrametrii. Choć z drugiej strony wyraźnie widać też, że to właśnie dane fotogrametryczne są najczęściej pobieranymi zasobami z bazy GUGiK.

PW: Wymaganie „siódemki” faktycznie mogłoby się przełożyć na podniesienie poziomu wiedzy geodetów w tym zakresie. Ale rzeczywistość jest taka,

MG: W tej chwili treść artykułu jest na tyle uniwersalna, że pozostanie on aktualny dłużej, niż się może wydawać. Natomiast spodziewam się, że próba stworzenia uniwersalnych przepisów dotyczących zasad korzystania z BSP dla całej Unii Europejskiej – jaka ma miejsce obecnie – może paradoksalnie nieco ograniczyć zakres naszej aktywności oraz w pewnym sensie pomysłowości producentów. Mam nieodparte wrażenie, że w tym zakresie kiedyś było lepiej niż teraz, a unifikacja przepisów niekoniecznie jest dla nas korzystna.

Rozmawiał Jerzy Królikowski