

Kazimierz Trafas

PRZYDATNOŚĆ ZDJĘĆ LOTNICZYCH TERENÓW WYSOKOGÓRSKICH
W BADANIACH GEOGRAFICZNYCH NA PRZYKŁADZIE
TATRZAŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO

Duże deniwelacje i zróżnicowana rzeźba terenu wysokogórskiego stwarzają trudności w odwzorowaniu na zdjęciu lotniczym i przyczyniają się do powstania znacznych deformacji. Kłopoty zaczynają się już na etapie programowania nalotu oraz w trakcie samego fotografowania. Jedną z zasadniczych trudności jest niemożliwość całkowitego uniknięcia na pionowych zdjęciach lotniczych tzw. martwych pól, w konsekwencji czego nie cały teren, który fotografujemy jest na zdjęciach odtworzony lub odtworzony jest tylko na jednym z nich, co uniemożliwia stereoskopową obserwację. Wynika to głównie z zasad rzutu środkowego a częściowo można temu zaradzić przez zwiększenie pokrycia stereoskopowego. Inną przeszkodą jest występowanie luk fotogrametrycznych, które powstają przy zbyt niskim fotografowaniu.

Uniknąć tego można przez podwyższenie wysokości lotu, należy jednak pamiętać, że duża odległość fotografowania znacznie utrudnia wielkoskalowe opracowania. Na zdjęciach lotniczych terenów górskich można w znacznym stopniu uniknąć skażenia odległości, zastę-

pując odbitki stykowe zdjęciami przetworzonymi, strefowo jednak duża ilość "stref" czyni tę metodę nieekonomiczną w odniesieniu do zdjęć, na których różnice wysokości sięgają 1200 m, a inne metody przetwarzania nie zyskały jeszcze na popularności. Zdjęcia te mogą bowiem pomóc w inwentaryzacji form i zjawisk. Mimo wyżej wymienionych deformacji i ograniczeń, pozwalają wizualnie /i trójwymiarowo/ uchwycić znaczny wyciniek terenu, często zasłonięty i niewidoczny przy obserwacji z ziemi, a także umożliwiają badanie związków pomiędzy poszczególnymi elementami środowiska, co z geograficznego punktu widzenia ma szczególne znaczenie. Ponadto praca w terenie wysokogórskim nie należy do łatwych, wymaga więcej czasu i specjalnych kwalifikacji, nie należy więc rezygnować z żadnej możliwości jej usprawnienia. Największe usługi mogą oddać zdjęcia specjalne zaprojektowane przez prowadzącego badania, który sam ustalił parametry lotu w zależności od interesującego go problemu. Omówienie poniższe obejmuje ocenę przeciętnego materiału zdjęciowego, możliwego do uzyskania na drodze formalnego zamówienia w odpowiednich instytucjach.

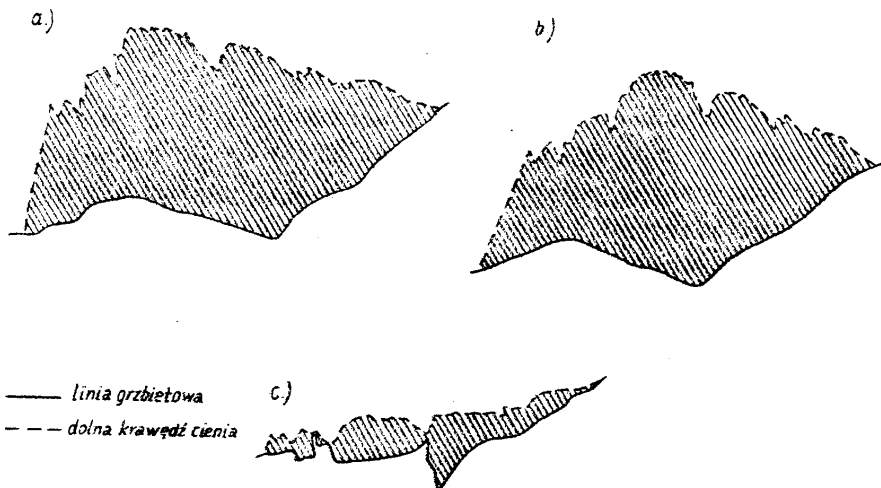
Zdjęcia pionowe, a właściwie, jak się okazało, prawie pionowe, którymi dysponowano, pochodziły z dwóch nalotów: z 1964 roku w skali ok. 1:15000 w ilości 4 szeregów /plus 3 uzupełniające/ razem 121 zdjęć oraz z nieco wcześniejszego nalotu w skali 1:19000 w 3 szeregach /45 zdjęć/. Zdjęcia z tych nalotów różniły się też formatem ramki tłowej i użytym materiałem fotograficznym, natomiast jednakowe jest mniej więcej pokrycie podłużne i poprzeczne /65% i 15 - 25%/ oraz równoleżnikowy kierunek szeregów. Obszar TPN o-

bejmują właściwie tylko zdjęcia w skali 1:15000 /obszar Tatr Polskich i częściowo czeskich na południe od linii: wylot Dol. Waksmundzkiej - Kalatówki - Czerwona Przełęcz - Stare Kościeliska/; zdjęcia w skali 1:19000 natomiast nie dochodzą swym południowym zasięgiem do poprzednich. Powstała więc luka o szerokości ok. 1,5 km, której mimo starań nie udało się uzupełnić. Poza tym bardziej północne szeregi zdjęć urywały się na wschodzie /na linii Jaszczurówki/. Z powyższych względów zdjęcia w skali 1:19000, mimo dobrej jakości fotograficznej, nie będą tutaj brane pod uwagę. Zdjęcia w skali 1:15000 są nieco gorszej jakości, szeregi przebiegają do siebie nierównoległe /stąd konieczność naliczeń uzupełniających/ co powoduje trudności w montażu zarówno stereogramów, jak i fotoszkieł. Ponadto nalot zgodny z przebiegiem głównej grani Tatr a prostopadły do osi większości dolin tatrzańskich jest niekorzystny dla tych ostatnich i utrudnia ich badanie, co ma przecież istotne znaczenie dla poznania geomorfologii tego obszaru.

Chcąc zorientować się w możliwościach wykorzystania w/w zdjęć w badaniach środowiska geograficznego wybrałem kilka przykładowych zdjęć i na podstawie metody teren-zdjęcie, skonfrontowałem występowanie niektórych form i zjawisk morfologicznych, hydrograficznych i fitogeograficznych z ich obrazem na zdjęciu lotniczym, określając jednocześnie ich fotointerpretacyjne cechy rozpoznawcze. Szczegółowej analizy dokładności zdjęć z fotogrametrycznego punktu widzenia, nie przeprowadziłem a skoncentrowałem się głównie na zagadnieniach fotointerpretacyjnych. Jednym z nich jest charakterystyczna rola cieni na zdjęciach lotni-

czych terenów wysokogórskich. Ich liczne występowanie zdecydowanie odróżnia tego typu zdjęcia od pozostałych.

Cień własny i rzucający z boczy górskich uniemożliwia nam obserwację nieoświetlonych zboczy a często także den dolin lub nawet zboczy przeciwległych. Zasięg i kierunek cienia zależne są od kąta podania promieni słonecznych a więc od czasu fotografowania, kształt od formy terenu rzucającego cień i terenu, na który pada cień. Natomiast wielkość cienia odfotografowanego na zdjęciu lotniczym a częściowo także jego ewentualne skrzywienie, łączy się z tzw. skracaniem zboczy wynikającym z rzutu środkowego. W efekcie na kolejnych zdjęciach w pokryciu podłużnym i poprzecznym, obraz zboczy zacięzionych a zatem i samych cieni jest różny zależnie od położenia względem punktu głównego /rys.1/.



Rys.1. Zmiana kształtu i wielkości cienia na trzech różnych fotografiach tego samego nalotu /Granaty/: a/ zdjęcie lewe, b/ zdjęcie prawe /stereogram z szeregu I/, c/ zdjęcie z szeregu II /z pokrycia poprzecznego z szeregiem I/

Najkrótsze cienie rzucane występują przy najwyższym położeniu słońca - obserwacje terenowe w okresie od czerwca-sierpnia pozwoliły mi stwierdzić /daty i godziny fotografowania nie były na zdjęciach podane/, że omawiane zdjęcia nie były wykonane w tej niewąt - pliwie najkorzystniejszej porze dnia lecz nieco wczesniej. Kierunek cienia jednak nie wiele się różnił od południowego, w rezultacie zacienione były pół - nocne zbocza Tatr, a więc głównej grani i grzbietów równoległych; nie rzucał natomiast cienia np. Kościelec, którego grzbiet opadający ku północy był równoległy do kierunku padania promieni słonecznych. Wielkość i zasięg cienia zależy także od nachylenia zboczy i można drogą empiryczną dojść do obliczenia optymalnych warunków: przy jakim nachyleniu zboczy i jakim położeniu słońca cienie będą najmniejsze lub ich wcale nie będzie. Te optymalne warunki w przypadku omawianych zdjęć zaistniały np. dla pasma Czerwonych Wierchów z wyjątkiem Krzesanicy, której cień wyraźnie składa się z dwóch części, jedna to nieos - wietlone zbocze północne /cień własny/ gdzie można jeszcze odczytać śleby o jasnym fototonie, druga to ciemniejszy cień rzucany zasłaniający większość hałdy usypiskowej u podnóża. Oczywiście najwięcej cieni występuje na zdjęciach Tatr Wysokich gdzie zajmują do 30% powierzchni zdjęcia. Dysponując szeregami zdjęć w pokryciu podłużnym i poprzecznym, nie należy sugerować się tym, że na jednym czy drugim zdjęciu tego samego obszaru cień jest wyraźnie mniejszy niż na pozostałych - wrażenie jest tylko pozorne a łączy się ze wspomnianym wyżej skróceniem zboczy. Wybór więc zdjęcia o najkrótszym /pozornie/ cieniu nie zwiększa

sza nam możliwego do obserwacji terenu a wprost przeciwnie na zdjęciu o cieniu większym czasem możemy spod niego jeszcze, coś odczytać /przykład Krzesanicy/ na zboczu, natomiast na zdjęciu ze skróconym cieniem a więc i zboczem - zbocza tego czasem wcale nie widzimy i powstaje martwe pole. Przy montowaniu zdjęć o różnej wielkości cienia po zgraniu dolnych krawędzi cieni otrzymujemy jeden obraz ale tylko do górnej krawędzi zdjęcia o krótszym cieniu, poza tą granicą nałoży się nam na siebie obraz dłuższego cienia na drugim zdjęciu na oświetlone przeciwległe zbocze /w tym wypadku południowe/ pierwszego zdjęcia - efekt więc zniknie. Przy pracy na stereoskopie SLS-2 należy w takim przypadku zwiększyć kąt lustra nad zdjęciem gdzie zbocze zacienione jest dłuższe; przy niewielkich różnicach tzn. przy większym pokryciu stereoskopowym - możemy uzyskać nawet pełny efekt. Najlepiej byłoby dysponować zdjęciami z dwóch nalotów np. o goźdz.10 i 14-tej, wówczas przesuwający się cień odsłaniałby i zakrywał, inne partie zboczy a mając zarejestrowany na zdjęciu stan z dwóch skrajnych ekspozycji możnaby w rezultacie cień częściowo wyeliminować wykorzystując kolejno zdjęcia z obu nalotów. Jest i także pozytywna rola cienia. Jego dolna krawędź może odtwarzać kontur grzbietu /pod warunkiem, że krawędź cienia pada na względnie wyrównaną powierzchnię stoku/. Widzimy wtedy jakby profil grzbietu. Prócz tego na pojedyn - czym zdjęciu ustawiając go tak by cienie skierowane były w stronę obserwatora - otrzymujemy plastykę terenu bez użycia stereoskopu. Grzbiety górskie, podkreślone są wyraźnie przez kontrast pomiędzy jasnymi tonami oświetlonego zbocza a ciemnymi zacienionego. Dzię-

ki temu kontrastowi granica ta wydaje się nam białą linią, którą nie należy jednak identyfikować np. z drogą. Schodzenie się gornych granic cieci w jednym punkcie jest cechą rozpoznawczą szczytów. Im ostrzejszy szczyt tym ostrzejszy kąt załamania granicy światła i cienia, im głębsza dolina tym gęstszy ton cieni.

Fototon jako cecha rozpoznawcza na zdjęciach Tatr ma wprawdzie duże znaczenie dla interpretacji ale bardzo łatwo jest o pomyłkę, stąd cecha ta nigdy nie powinna być jedyną przy zakwalifikowaniu danej formy czy zjawiska. Najlepszym tego przykładem jest fakt, że najciemniejsze a jednocześnie o jednakowym natężeniu tony posiadają trzy różne elementy zdjęcia: stawy/chyba że występuje tzw "blik"/, kosodrzewina i cienie. Dla rozróżnienia tych elementów musimy dodatkowo posłużyć się innymi pośrednimi cechami rozpoznawczymi, z których najważniejsze to model stereoskopowy /odróżnienie stawów od cieni/ oraz kontur /np. poszarpany to kosodrzewina/; o strukturze obrazu natomiast przy tak ciemnych tonach nie może być mowy. Najjaśniejsze tony posiadają odsłonięte skały wapienne szczególnie od strony południowej, następnie także stożki i hałdy usypiskowe, dna rynien korazyjnych, kamieńce potoków, drogi i ścieżki turystyczne. Jasno-szare tony to hale, szare - lasy, ciemno szare plamy - tereny podmokłe.

Struktura obrazu pomaga przede wszystkim w interpretacji lasów i łąk a także przy odróżnieniu od siebie wszystkich wymienionych powyżej form morfologicznych w grupie jasnych tonów. Reasumując omawianie cech rozpoznawczych na zdjęciach TPN należy stwierdzić, że konieczne jest stosowanie w każdym przypadku dwu lub nawet trzech cech przy odczytywaniu jednej formy, czy

zjawiska. Przy obserwacji stereoskopowej. Struktura obrazu fotograficznego w połączeniu z fototonem powinna ograniczyć możliwość pomyłki. Oczywiście interpretacja kameralna bez uprzedniego stworzenia swego rodzaju klucza fotointerpretacyjnego w wyniku badań terenowych, jest wykluczona. W oparciu o powyższe cechy rozpoznawcze przy równoczesnej autopsji terenu przykładowo wskazano poniżej na czytelność niektórych elementów rzeźby na zdjęciu lotniczym /Dolina Małej Łąki - Czerwone Wierchy/. Z obrazu fotograficznego tego terenu należało wyłączyć duży procent obszarów oraz stosunkowo niewielkie obszary zacienione jako tereny o zamaskowanej w dużym stopniu morfologii /efekt stereoskopowy daje tutaj tylko wyobrażenie o dużych formach/. Tereny odsłonięte to liczne hale, kotły lodowcowe oraz partie szczytowe Czerwonych Wierchów. Na haki Małej Łąki doskonale czytelne są dzięki przewyższeniu tzw. girlandy moren czołowych, ciemniejsze tony spowodowane inną roślinnością demaskują tereny podmokłe /nieprzepuszczalne łąki. Wyraźne są zwięzienia doliny uwarunkowane odpornością materiału; wyraźnie jasnym tonem z ledwo dostrzegalną b. drobnoziarnistą strukturą wyróżnia się hałda usypiskowa Wlk. Turni. Czytelne są na zdjęciu głazy wapienne powyżej 1 m³ objętości, tym bardziej, że ich wyraźny cień rzucany pomaga je demaskować. Charakterystyczne dla tych głazów żłobki krasowe są ze względu na małą skalę zdjęcia niewidoczne. Na niezacienionych zboczach bez trudu można identyfikować wszystkie rynny korazyjne wraz z odgradzającymi je żebrami. Na zboczach wschodnich Małolączniaka i Ciemniaka w obrębie formacji trawliastej wachlarzowato zaczynające się w górnej partii

i zwężające się ku dołowi, wyraźnie wklęsłe o jasnym fototonie zagłębienia zinterpretować należy jako niższe niwelacyjne, natomiast okrągłe jasne plamy o średnicy do 2 mm - jako lejki krasowe. Charakterystyczny dla tego zbrocza awen krasowy wyróżnia się na zdjęciu czarną okrągłą plamką. Niższa część zbrocza tworząca charakterystyczną półkę przeobrażona jest znacznie przez zjawiska krasowe i odznacza się dużą zmiennością tonów i skomplikowaną strukturą. Dalej ku północy rozległe pole tufurów tworzy strukturę drobnoplamistą-centkowaną - charakterystyczne przy tym jest to, że drobne te formy niewidoczne w modelu, dzięki jednak dużej ilości i gęstości potrafiły zmienić strukturę obrazu fotograficznego. Obserwując w stereomodelu partie wierzchwinowe sąsiednich niższych szczytów, widoczne są spłaszczenia, przewyższenie hiperstereoskopowe nie "wyostrzyło" więc ich sztucznie jeśli są bardziej rozległe jeśli zaś są wąskie czytelność ich jest słaba. Zbrocza natomiast się bardziej strome niż w rzeczywistości. Na zachodnim zboczach Małołączniaka dostrzec można na zdjęciu jasne platy z drobną siatką cienkich czarnych linii. Przy konfrontacji z terenem okazało się, że są to charakterystyczne tabliczkowe formy wietrzenia mniej odpornych margli, budujących małą przełęcz. Formami doskonale czytelnymi na omawianym a także i na innych zdjęciach są kotły lodowcowe, ich strome ściany i wyraźne przegłębienie widoczne są bardzo dobrze w modelu stereoskopowym, podobnie jak i rygle zamykające je oraz moreny cziłowe /np. bardzo pogładowy jest obraz pięknie zachowanej, łukowato wygiętej moreny zamykającej kocioł Doliny Kułowej/. Również bardzo

sugestywny jest obraz fotograficzny form wytopiskowych na zdjęciu Doliny Stawków Gąsienicowych. Ogólnie należy stwierdzić, że dużo większe możliwości dla interpretacji form morfologicznych, przedstawiają zdjęcia Tatr Zachodnich; w Tatrach Wysokich jest dużo więcej martwych pól i więcej zboczy zacienionych. Z wyrywkowych badań w różnych częściach Tatr, wynika, że zdjęcia lotnicze pionowe dla celów inwentaryzacji form i kartowania geomorfologicznego, nie mogą stanowić ani jedynego ani podstawowego materiału. Rola ich w tym zakresie polegać będzie przede wszystkim na zwiększeniu ilości punktów orientacyjnych, lepszych możliwościach lokalizacji zjawiska, odbiorze wizualnym większego wycinka terenu, ułatwieniu studiów porównawczych oraz badań współzależności pomiędzy formami czy zjawiskami morfologicznymi a niektórymi innymi elementami środowiska geograficznego a także na umożliwieniu obserwacji miejsc niedostępnych. Zalecić można także metodę kombinowaną: obok dobrej mapy topograficznej, w terenie, posiadanie stereogramów wraz ze stereoskopem kieszonkowym znacznie przyspieszy i zwiększy dokładność opracowania. Wzorem geologów należy także wykorzystywać zdjęcia naziemne mniejszych ale ważnych wycinków terenu /szczególnie dla badań współczesnych procesów/ oraz zdjęcia ukośne, które w zasadzie eliminują martwe pola pod warunkiem znalezienia optymalnego pochylenia osi optycznej kamery w zależności od nachylenia fotografowanych zboczy górskich. Zdjęcia ukośne wymagają jednak dużo staraniejszego montażu niż pionowe.

Elementem środowiska geograficznego Tatr, który dobrze wyrażony jest w obrazie fotograficznym na oma -

wianych zdjęciach są piętra roślinne. Ich śledzenie jest znacznie ułatwione przez model stereoskopowy, dzięki któremu przynajmniej względnie możemy zawsze określić wysokość i odchylenia danej granicy. Lasy regla dolnego dzięki większej zwartości i domieszkom liś - ciastych tworzą strukturę ziarnistą o tonie ciemno - szarym z jaśniejszymi plamami /buk/; wyraźnie czytelne są młode, sztucznie wprowadzone drzewostany /niż - sze rosnące w regularnych rzędach, struktura drobno - ziarnista/. Lasy regla górnego oznaczają się mniejszą zwartością co znajduje swoje odbicie w strukturze obrazu, ich fototon charakteryzuje się zmiennością jaśniejszych /korony drzew/ i ciemniejszych /cienie koron padające na przerwy pomiędzy drzewami/tonów. Do mieszkli liściaste w reglu górnym są zbyt małe aby mogły być w tonie rozróżnialne, podobnie jak niemożliwym jest rozróżnienie jodły od świerka. W ogóle należy stwierdzić, że na zdjęciach lepiej uwidacznia się struktura wiekowa niż gatunkowa. Niewielkie fragmenty lasów tatrzańskich mające charakter lasu pierwotnego /np. Wantule/ - odznaczają się na zdjęciach zagmatwaną strukturą, ciemnym tonem i znacznym zróżnicowaniem wysokości drzew. Bardzo pomocnym materia - lem będą zdjęcia lotnicze w śledzeniu górnej granicy lasu /granica pomiędzy reglem górnym a kosodrzewiną/. Oczywiście trudno tutaj mówić o granicy liniowej, bo taka, jak wiadomo, w Tatrach jest trudna do ustalenia skoro jednak przyjmujemy za Fabijanowskim, że granicą tą jest strefa przejścia rozluźnionego lasu do grup świerków i pojedynczych drzew wchodzących klinem w piętro kosodrzewiny, to przydatność zdjęć w tym zakresie jest bardzo duża. Pomaga w tym duża kontrasto-

wość tonów lasu i kosodrzewiny. Dzięki bardzo intensywnym czarnym prawie tonom nawet małe bardzo pląty kosówki są wszędzie dostrzegalne. Fakt ten ma tę dodatkową wartość, jak wykazywały porównania, że na żadnych z istniejących map kosodrzewina nie jest przedstawiona ani maksymalnie szczegółowo ani aktualnie. Wydzielenie pięter hal i nagich skał, jak wyżej wspomniano nie przedstawia w miejscach nie zacięzionych, większych trudności. Łatwe do odczytania są również zręby-/szary ton z białymi /pnie/ i czarnymi /krzewy/centkami, przeważnie prostolinijne kontury. Dużą wartość mogą także przedstawiać zdjęcia lotnicze dla zainteresowanych zagadnieniami ochrony przyrody. Na zdjęciach można prześledzić rozmiary zaawansowanej erozji gleby /Hala Uplaz - białe plamy i smugi w wyższej partii zbocza, ciemniejsze u podnóża/, dewastację hal przez owce /"owcze percie", szczątkowe kępy kosodrzewiny/, wiatrołomy. Wspomnieć należy również o znaczeniu zdjęć lotniczych dla turystyki /planowanie szlaków i obiektów turystycznych, kierowanie ruchem turystycznym/, która jest właściwie jedynym zagadnieniem ekonomiczno-geograficznym w Tatrach, w związku z obowiązującym regulaminem Parku Narodowego.

Na zakończenie warto nadmienić, że przydatność zdjęć lotniczych w badaniach geograficznych, zapewne zwiększy się przy wykonaniu zdjęć specjalnie programowanych, przy dysponowaniu wieloma nalotami w zależności od pory dnia, roku, kąta pochylenia osi kamery, skali itp., oraz po opracowaniu nowych metod fotogrametrycznych pozwalających w większym stopniu eliminować liczne deformacje.

Summary

In the work the introductory results of airphotos use for geographic researches on the Tatras National Park territory are shown.

The author having photos in 1:15000 and 1:19000 scales had led researches on chosen area.

The problem of shadow on the photos, tonal and structural differentiation is discussed.

On the ground of photos elementary morphological forms and their complexes, and instability of vegetal garment were analysed.