

ZAGADNIENIE POŁYSKU W FOTINTERPRETACJI

W teledetekcji topograficznej podstawowym źródłem informacji o terenie i zachodzących w nim zjawiskach jest wielkość reemisji promieniowania słonecznego. Coraz większe zapotrzebowanie na szybko dostarczaną i taną informację teledetekcyjną sprawia, że podwyższenie jej wiarygodności jest zagadnieniem pierwszorzędnej wagi.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie opisu zjawiska połysku i prezentacja zaprojektowanego i zbudowanego w Instytucie Geodezji i Fotointerpretacji Wojskowej Akademii Technicznej połyskościaniera oraz przedstawienie koncepcji wyeliminowania szkodliwego wpływu odbicia kierunkowego w czasie cyfrowej obróbki danych wielospektralnych.

OPIS ZJAWISKA

Z kierunkowym odbiciem i związanym z nim ściśle zjawiskiem połysku spotykamy się niemal na każdym kroku, nie zawsze zdając sobie sprawę z ich wpływu na wyniki fotointerpretacji. Wpływ ten jest dwójaki. Przede wszystkim ułatwia interpretację bezpośrednią, ponieważ jest zjawiskiem rzucającym się w oczy i może być dostrzeżony, w pewnych warunkach oświetlenia i obserwacji, nawet z dość dużych odległości. Jako zjawisko łatwo wykrywalne, zarówno w rozpoznaniu wzrokowym i fotograficznym, jak i przyrządowym, staje się czynnikiem wyraźnie demaskującym. Z drugiej strony połysk znacznie utrudnia i obniża wyniki fotointerpretacji, sprawia bowiem, że od identycznych, a nawet tych

* Doc. dr hab. inż. Jerzy Butowtt, dr inż. Wiesław Derkacz, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Geodezji i Fotointerpretacji, 00-908 Warszawa-Bemowo

samych obiektów terenowych do detektorów docierają inne ilości energii. Nieuwzględnienie tego faktu prowadzi w konsekwencji do obniżenia wiarygodności, kompletności i dokładności zdalnie prowadzonej interpretacji.

Od dawna wielu autorów starało się mniej lub bardziej ściśle opisać i zdefiniować zjawisko połysku (B e c k e r i n., 1967). Ogólnie można powiedzieć, że światło skierowane, odbite od jakiejś powierzchni, wytwarza u obserwatora dwa rodzaje wrażeń wzrokowych: „barwy” i „połysku” (G ą s o w s k i, 1972), a zatem zarówno barwa, jak i połysk są zjawiskami fizyczno-psychicznymi.

Połysk możemy rozpatrywać jako wielkość obiektywną, wyznaczalną w sensie fizycznym, ale o charakterze subiektywnym w odczuciu obserwatora. O subiektywnym charakterze zjawiska świadczy fakt, że wrażenie połysku można wywołać sztucznie. Najlepiej widać to na obrazach starych mistrzów malarstwa, gdzie wrażenie połysku (np. skóry ludzkiej) uzyskiwano przez położenie jasnych, nieostrych plam na ciemniejsze tło.

Rodzaj i wielkość połysku zależy od wielu różnych czynników. Można je podzielić na trzy grupy (G ą s o w s k i, 1972):

a) czynniki natury obiektywnej, związane z obserwowaną powierzchnią:

- struktura powierzchni,
- zdolność odbijania powierzchniowego,
- zdolność odbijania wewnętrznego;

b) czynniki natury obiektywnej, związane z warunkami obserwacji:

- rodzaj i rozkład przestrzenny oświetlenia,
- wpływ ośrodka (tłumienie, rozpraszanie itp.);

c) czynniki natury subiektywnej, zależne od obserwatora:

- kierunek obserwacji powierzchni,
- fizjologiczne różnice wzroku ludzkiego,
- wpływ warunków otoczenia na obserwatora,
- różnorodne efekty psychiczne (złudzenia optyczne, fantazja obserwatora itp.).

Jak widać, liczba parametrów, od których zależy ostateczne wrażenie wzrokowe połysku, jest duża. Oczywiście, żaden przyrząd pomiarowy nie uchwyci czynników natury subiektywnej (oprócz kierunku obserwacji). Muszą one być pominięte. W praktyce pomiarowi podlegają tylko czynniki grupy pierwszej; czynniki związane z warunkami obserwacji powinny być również mierzone, a przynajmniej jednoznacznie określone i stałe dla danej metody.

W celu lepszego wyjaśnienia mechanizmu powstania połysku niezbędne wydaje się nieco dokładniejsze omówienie zjawisk oddziaływania światła z materią.

WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE POWIERZCHNI A ODBICIE PROMIENI

Przy oddziaływaniu promieniowania elektromagnetycznego (światła) z powierzchnią materialną (granicą dwóch faz) mamy do czynienia ze zjawiskami odbijania, pochłaniania, załamania i przepuszczania promieni. Jeżeli pominiemy chwilowo czynniki związane z warunkami obserwacji, to ilościowy udział każdego z tych zjawisk zależy głównie od właściwości optycznych danej powierzchni. Z kolei o właściwościach optycznych każdej powierzchni decydują dwa czynniki:

- budowa chemiczna i właściwości fizyczne (barwa, przezroczystość, ziarnistość, wilgotność itp.) materiału, z którego jest wykonana;
- geometria powierzchni (płaskość, struktura).

Pierwszy z tych czynników charakteryzowany jest przez tzw. współczynnik odbicia, wyrażający stosunek strumienia Φ_o odbitego przez oświetloną powierzchnię ciała do strumienia Φ_p padającego na to ciało:

$$\rho = \frac{\Phi_o}{\Phi_p}$$

Podawany w procentach, określa on zdolność danej substancji do odbijania światła. Dalej podano przybliżone wartości współczynników odbicia kilku częściej spotykanych materiałów (S a n e c k i, 1979):

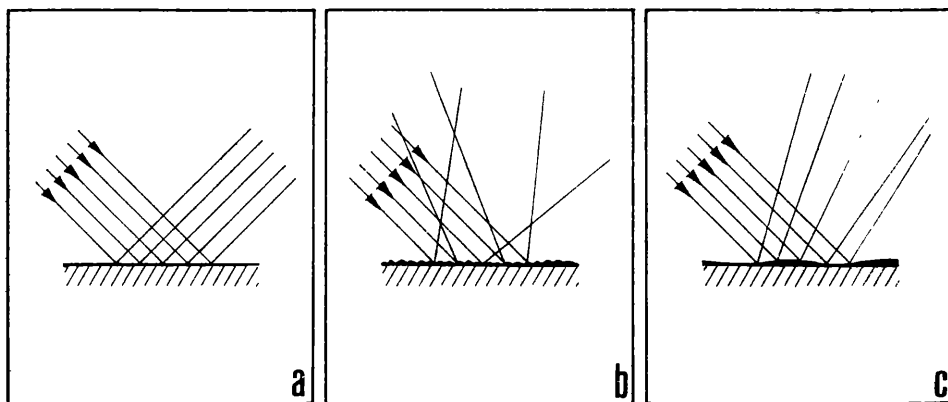
Materiał	ρ (%)
Zwierciadło szklane	80—90
Śnieg	80—85
Papier kreślarski biały	70—80
Tkanina jedwabna biała	28—37
Tkanina jedwabna zielona	15—30
Szkło przezroczyste	6—8
Sukno czarne	1—1,5

Zależnie od struktury powierzchni ciał nieprzezroczystych światło przez nie odbite może rozchodzić się dalej jako:

- światło kierunkowo odbite (od powierzchni lustrzanych) — rys. 1a;
- światło rozproszone (przez ciała o powierzchni matowej) — rys. 1b;
- światło kierunkowe rozproszone (przez powierzchnie gładkie, ale nielustrzane) — rys. 1c.

Są to trzy rodzaje odbicia powierzchniowego.

Oczywiście są to przypadki wyidealizowane i jako takie prawie nie występują w przyrodzie (wyjątkiem może tu być np. spokojna powierzchnia wody). Praktycznie mamy do czynienia z ciałami mniej lub bardziej niejednorodnymi i wielofazowymi (roślinność, grunty), których



Rys. 1. Rodzaje odbicia światła przez powierzchnie o różnej strukturze: a — odbicie kierunkowe, b — rozproszenie, c — rozproszenie kierunkowe

Fig. 1. Types of light reflection by surfaces of different structure: a — directional reflection, b — scattered reflection, c — directional scattering reflection

powierzchnie wykazują mimo tego podobne mechanizmy odbijania światła (lub ich kombinacje) jak wymienione.

Jeżeli promieniowanie elektromagnetyczne pada na wielofazowy układ ciała stałego o niedoskonale gładkiej powierzchni, to możemy mieć do czynienia z następującymi zjawiskami optycznymi:

- a) odbicie powierzchniowe regularne;
- b) odbicie powierzchniowe dyfuzyjne;
- c) przejście regularne przez warstwę ośrodka;
- d) przejście dyfuzyjne, spowodowane przez cząstki fazy rozpraszającej ośrodka;
- e) odbicie wewnętrzne regularne od podłoża lub cząstek w warstwie fazy rozproszonej (zawiesiny);
- f) odbicie wewnętrzne dyfuzyjne od podłoża lub cząstek zawiesiny.

Niektóre z tych procesów mają szczególnie duże znaczenie przy powstawaniu zjawiska połysku i zostaną omówione bardziej szczegółowo.

ODBICIE POWIERZCHNIOWE REGULARNE (KIERUNKOWE)

Jeżeli strumień odbity od powierzchni ma wartość zerową we wszystkich kierunkach, z wyjątkiem tego, kiedy kąt obserwacji (odbicia) równa się kątowi padania, mówimy o odbiciu regularnym (kierunkowym). Może ono wystąpić tylko na idealnie gładkich powierzchniach ciał całkowicie odbijających (rys. 2a).

Zjawisku temu towarzyszy częściowe lub nawet całkowite spolaryzowanie promieniowania odbitego. Strumień odbity składa się wówczas z dwóch wiązek spolaryzowanych, tak że wektor elektryczny jednej drga prostopadle, a drugiej równoległe do płaszczyzny padania.

Współczynniki odbicia skierowanego każdej wiązki określone są wzorami Fresnella:

— dla wiązki spolaryzowanej prostopadle:

$$\rho_I = \frac{n^2 \cos \alpha - \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{n^2 \cos \alpha + \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}};$$

— dla polaryzacji równoległej:

$$\rho_{II} = \frac{\cos \alpha - \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{\cos \alpha + \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}.$$

Jak widać, współczynniki odbicia regularnego są funkcjami kąta obserwacji (pomiaru) α , współczynnika załamania n danej granicy faz oraz rodzaju polaryzacji.

Dla powierzchni rzeczywistych regularność odbicia zostanie zakłócona na skutek:

- wniknięcia części promieniowania w głąb ciała,
- zakłóceń powierzchni odbijającej różnego rodzaju wgłębieniami i wypukłościami.

Jeżeli wymiary tych zakłóceń są większe przynajmniej o rząd wielkości od długości fali światła padającego, to wypromieniowanie następuje nie ściśle w jednym kierunku, a w pewnym niewielkim kącie bryłowym. Mówiąc lapidarnie, obserwator zamiast jasnego punktu zobaczy jasną plamę. Mamy tu do czynienia z odbiciem kierunkowo-rozproszonym (rys. 1c).

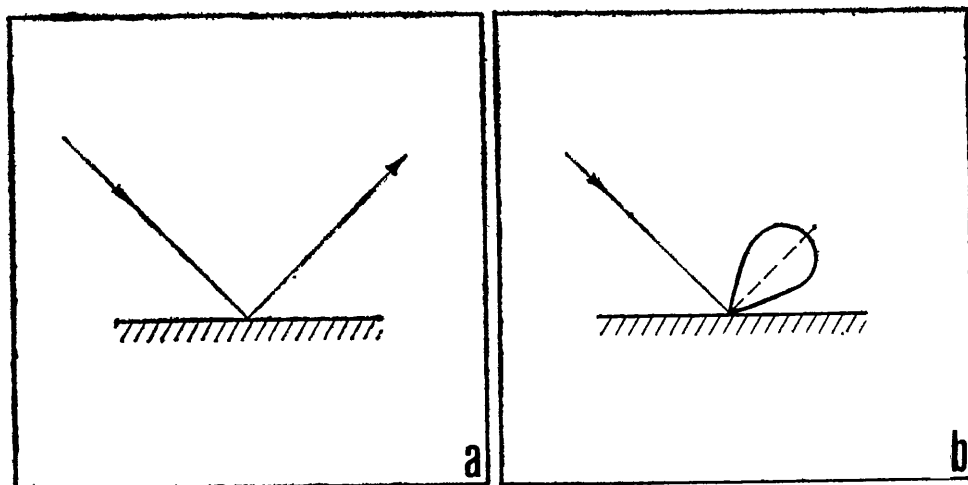
Jeżeli weźmiemy pod uwagę luminację (jaskrawość) L małego elementu dS powierzchni oświetlonej, która odbija w sposób kierunkowo-rozproszony, i wyznaczmy jej wartości dla różnych kątów obserwacji (α), a następnie wykonamy wykres we współrzędnych biegunowych $L = L(\alpha)$, otrzymamy krzywą (elipsa) pokazaną na rys. 2b. Tego rodzaju wykres zwany *indykatryszą* (krzywą wskaźnikową) jest bardzo poglądowy, pokazuje bowiem rozkład wartości luminacji (również innych wielkości np. natężenia, współczynnika odbicia) w całej półprzestrzeni ($0 < \alpha < \pi$).

Czywiście w przypadku odbicia regularnego indykatorysa będzie miała postać wektora (rys. 2a).

ODBICIE POWIERZCHNIOWE ROZPROSZONE

Jak już wiadomo, ciała o powierzchniach matowych (chropowatych) dają światło odbite rozproszone (rys. 1b). Stopień chropowatości powierzchni określony jest rozkładem przestrzennym światła odbitego. Im większa jest różnica między zdolnością maksymalnego odbijania a faktycznym natężeniem światła powrotnie wypromieniowanego, tym większe jest oddziaływanie chropowatości powierzchni.

Jaki jest wpływ chropowatości powierzchni na charakter odbicia? Ogólnie można powiedzieć, że zakres przestrzennego rozkładu natężenia



Rys. 2. Rozkład przestrzenny światła odbitego od powierzchni pokazany za pomocą krzywej wskaźnikowej (indykatrixy):

a — odbicie kierunkowe (regularne), b — odbicie kierunkowo-rozproszone

Fig. 2. Spatial distribution of light reflected from a surface shown with an indicator curve (indicatrix):

a — directional reflection (regular), b — directional scattering reflection

światła wypromieniowanego jest tym większy, im mniejsze są wymiary zakłóceń powierzchniowych.

I tak, jak wspomniano, gdy wielkości tych zakłóceń są większe od długości fali światła padającego, rozproszenie jest niewielkie i zachodzi zjawisko odbicia kierunkowo-rozproszonego. Mówimy przy tym obrazowo, że struktury powierzchni wywołujących ten sposób odbicia są typu „skórki pomarańczy”.

Jeżeli wymiary zakłóceń powierzchni są rzędu długości fal światła padającego, następuje mniej lub bardziej idealne (dyfuzyjne) rozproszenie, co w każdym przypadku równoznaczne jest z niewielkim połyskiem. Struktury powierzchniowe dające ten rodzaj odbicia powierzchniowego nazwano typem „skorupki jajka”.

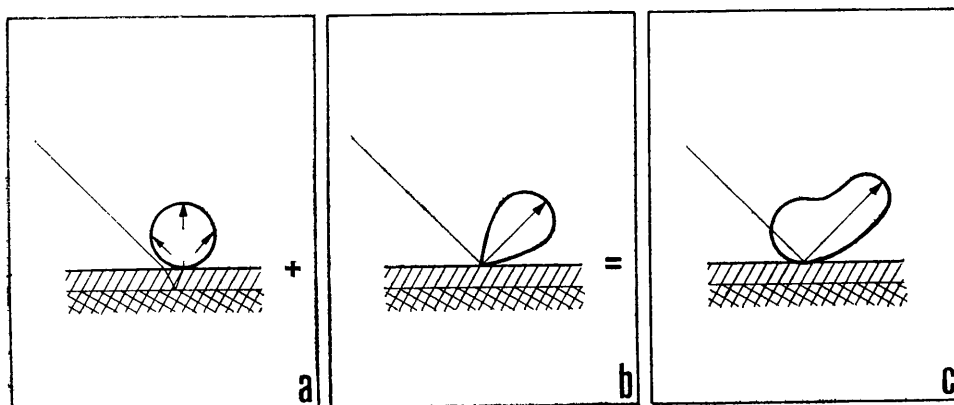
I wreszcie przy jeszcze mniejszych zakłóceniach można uważać, że każdy oświetlony element chropowatej powierzchni będzie źródłem pewnej fali kulistej. Przez interferencję fal kulistych wpływ wszystkich chropowatości zostanie w pewien sposób zsumowany i zniwelowany, a w efekcie otrzymujemy promieniowanie wyraźnie dyfuzyjne. Powierzchnię odbijającą widzimy jako matową (świeci jednakowo jasno, niezależnie od kąta obserwacji), co jest zjawiskiem odwrotnym do połysku.

Indykatrixa dla elementu powierzchni odbijającej w sposób rozproszony pokazana jest na rys. 3a.

Każdy rodzaj odbicia powierzchniowego występujący w praktyce

można rozpatrywać jako kombinację odbicia regularnego i rozproszenia dyfuzyjnego. Rys. 3c obrazuje indykatrixę dla powierzchni rzeczywistej oraz schematyczny sposób jej powstania ze składowych odbicia regularnego (a właściwie kierunkowo-rozproszonego — rys. 3b) i odbicia dyfuzyjnego (rys. 3a).

Przestrzenne właściwości odbijania promieniowania dla różnych rzeczywistych powierzchni są pokazane za pomocą krzywych wskaźnikowych na rys. 4.



Rys. 3. Odbicie powierzchniowe rozproszone:
a — rozproszenie dyfuzyjne, b — odbicie kierunkowo-rozproszone, c — indykatrixa dla powierzchni rzeczywistej

Fig. 3. Scattered surface reflection:
a — scattering diffusion, b — directional scattering reflection, c — indicatrix for a real surface

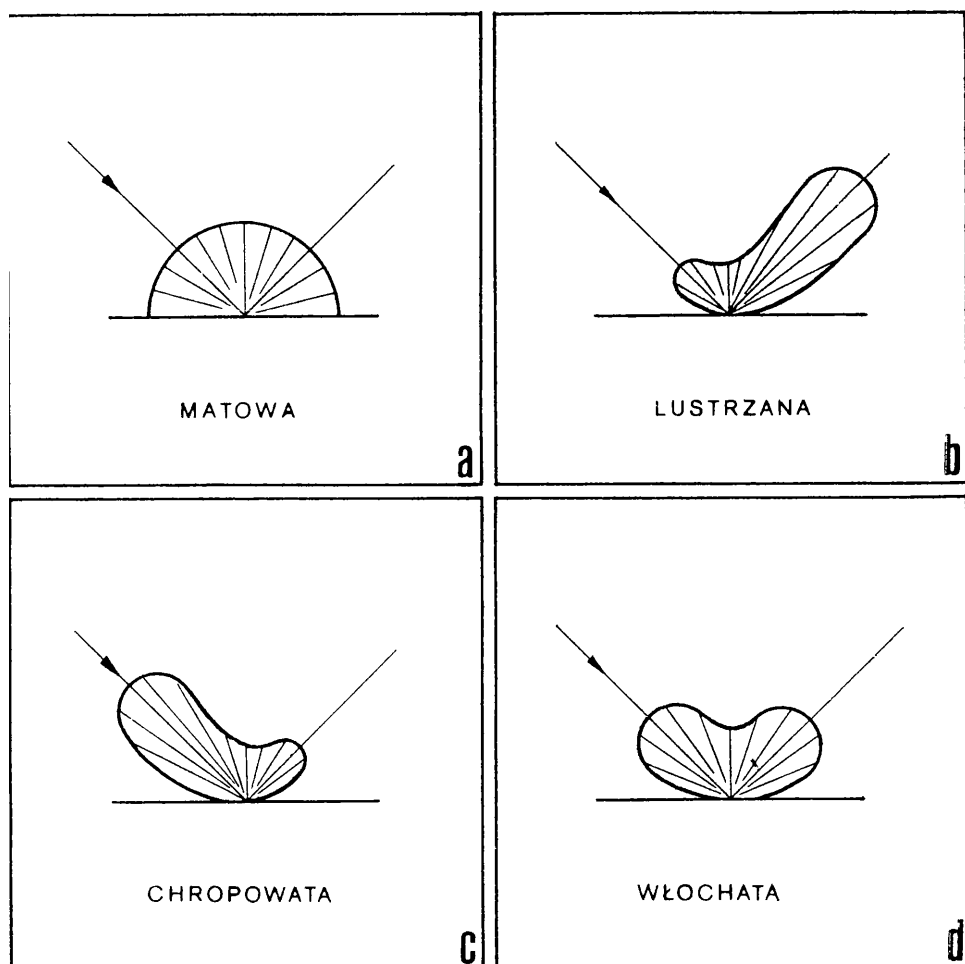
ODBICIE WEWNĘTRZNE

Strumień światła padający na ciało niejednorodne i wielofazowe zostaje częściowo odbity na powierzchni granicznej, a częściowo wnika w głąb. Wewnątrz następują wielokrotne odbicia, ugięcia i rozproszenia na cząsteczkach innych faz zawieszonych w ośrodku (rys. 5a). Na skutek wielokrotnej zmiany kierunku światła promienie wychodzące rozkładają się w półprzestrzeni w idealnym przypadku według prawa kosinusów Lamberta, wyrażonego równaniem:

$$I_o = I_p \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta,$$

gdzie:

- I_o — natężenie promieniowania odbitego,
- I_p — natężenie promieniowania padającego,
- α — kąt odbicia,
- β — kąt padania.



Rys. 4. Przestrzenne właściwości odbiciowe różnych powierzchni

Fig. 4. Spatial properties of the different surfaces reflection:

a — dull surface, b — shiny surface, c — rough surface, d — shaggy surface

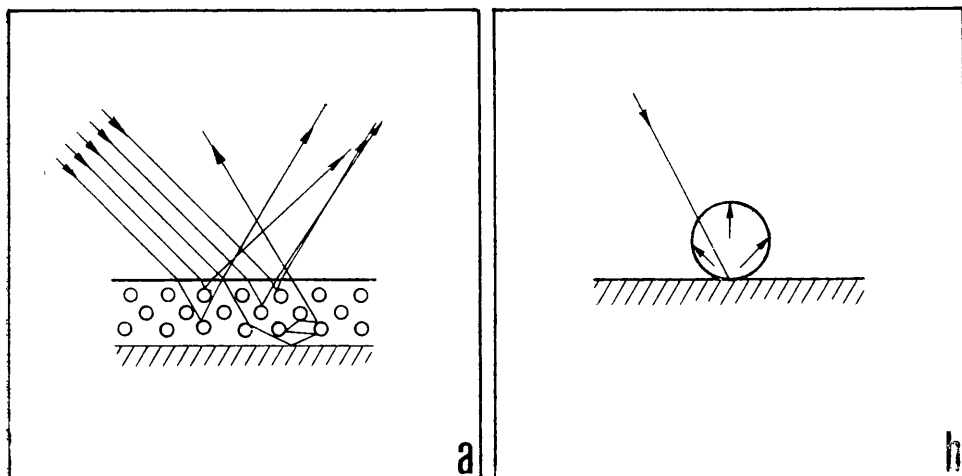
Całkowity odbity strumień światła wychodzący z powierzchni jest mniejszy od strumienia padającego na skutek absorpcji ośrodka oraz wydłużenia dróg optycznych w substancji. Stopień zdolności wewnętrznej rozpraszania substancji oraz sposób, w jaki ono zachodzi, zależy od wielkości cząstek fazy rozproszonej i różnicy gęstości optycznych zawiesiny i ośrodka rozpraszającego. Czym większe cząstki i mniejsze odległości między nimi, tym mniejsza część strumienia zostanie zaabsorbowana.

Przestrzenny rozkład światła wychodzącego z powierzchni w wyniku odbicia wewnętrznego (rys. 5b) daje indykatory podobną do otrzymanej dla zjawiska rozproszenia powierzchniowego. Zatem światło wy-

promieniowane z powierzchni po odbiciu wewnętrznym wzmacnia jedynie składową powierzchniowego odbicia dyfuzyjnego, nie zmieniając charakteru przestrzennego rozkładu światła odbitego.

W przypadku ciała w kolorze czarnym promieniowanie docierające do wnętrza będzie prawie całkowicie pochłonięte, a światło wypromieniowane z powrotem będzie tylko promieniowaniem odbitym powierzchniowo (regularnie i dyfuzyjnie). Na przykład czarne szkło polerowane praktycznie wypromieniowuje tylko składową odbicia regularnego i jest często stosowane jako wzorzec odniesienia przy pomiarze połysku (umożliwiając właśnie określenie wielkości składowej odbicia wewnętrznego).

Ciała białe, w przeciwieństwie do czarnych, charakteryzują się dużym udziałem odbicia wewnętrznego.



Rys. 5. Odbicie wewnętrzne:

a — mechanizm odbicia, b — wygląd indykatrixy

Fig. 5. Inner reflection:

a — mode of reflection, b — image of an indicatrix

POMIAR POŁYSKU

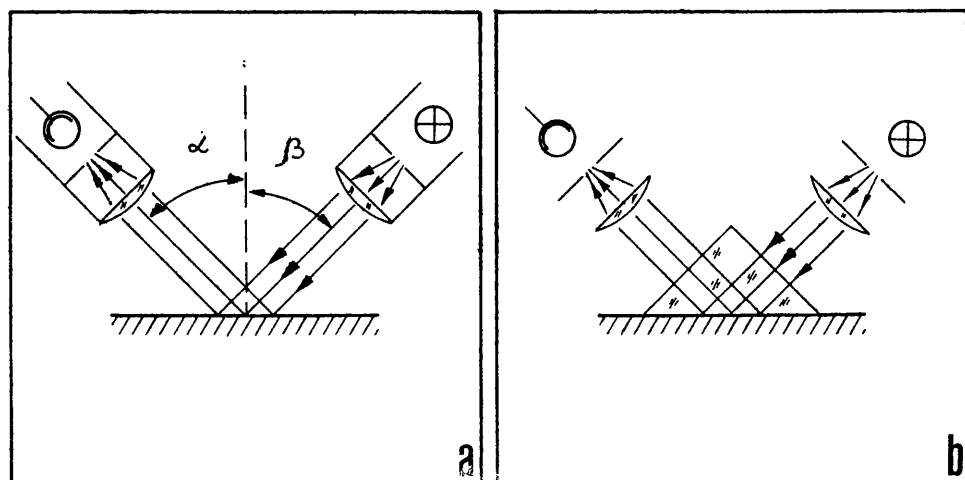
Podsumowując z punktu widzenia zjawiska połysku wszystko to, co powiedziano na temat oddziaływania światła z powierzchniami ciał materialnych, można dojść do następujących wniosków:

1. Zjawisko odbicia regularnego jest głównym czynnikiem obiektywnym wywołującym wrażenie połysku. Obserwując oświetloną powierzchnię pod różnymi kątami, natrafimy wreszcie na taki kierunek, w którym odbijana jest prawie cała energia. Daje to wrażenie bardzo dużej jaskrawości (lśnienia, połysku) elementu powierzchni z tego właśnie kie-

runku. Zatem połysk jest szczególnym przypadkiem odbicia powierzchniowego.

W tej sytuacji, wydaje się, że najprostszym sposobem ujęcia zjawiska byłoby po prostu określenie wielkości składowej odbicia regularnego. Jednakże dziś już wiadomo, że określenie wielkości natężenia promieni odbitych w jednym kierunku nie wystarcza do racjonalnego, liczbowego wyrażenia połysku w sposób zgodny z odczuciem wzrokowym (Falta, 1968).

2. Scharakteryzowanie połysku pewnej rzeczywistej powierzchni wymaga znajomości współczynnika odbicia i stopnia chropowatości tej powierzchni. Można to również osiągnąć, wyznaczając przestrzenny rozkład natężeń promieni odbitych. Zatem do pomiaru połysku należałoby zastosować przyrząd, który przy dowolnym, stałym kącie podania mógłby mierzyć natężenie promieni odbitych pod każdym dowolnym kątem w zakresie przynajmniej 0° — 90° . Przyrządy takie (zazwyczaj laboratoryjne) zwane są goniofotometrami. Zasada pomiaru goniometrem natężenia promieniowania odbitego pokazana jest na rys. 6a.



Rys. 6. Zasada pomiaru natężenia promieniowania odbitego:
a — za pomocą goniometru, b — połyskościomierzem Scotta

Fig. 6. Principles for the measurement of the reflected radiation intensity:
a — with the use of goniometr, b — with reflectometer Scott

Główne cechy goniometrów to możliwość pomiaru przy praktycznie dowolnych kątach padania i odbicia oraz konieczność wykorzystania w pomiarze jedynie małych wycinków (próbek) badanych powierzchni. Ta druga cecha jest poważnym ograniczeniem, gdyż nie każdą powierzchnię można spreparować, nie zmieniając jej właściwości odbiciowych.

Pewną odmianą goniofotometrów są połyskościomierze. Przykładem może tu być połyskościomierz Scotta, służący do wyznaczania współczynnika odbicia światła. Przyrząd ten, którego zasada działania pokazana jest na rys. 6b, zalecany jest przez Polskie Normy do wyznaczania połysku powłok ochronnych i dekoracyjnych na metalach.

Jak widać, stosowana jest tu geometria pomiaru $\alpha = \beta = 45^\circ$, a współczynnik odbicia wyznacza się w stosunku do matowego wzorca bieli, który stanowi zazwyczaj płytka z tlenku magnezu (MgO) lub czystego węglanu magnezu (Biestek, Sekowski, 1973).

POŁYSKOŚCIOMIERZ WAT-u

Ostatnio w Instytucie Geodezji i Fotointerpretacji WAT opracowano i zrealizowano koncepcję połyskościomierza polowego opartego na schemacie pomiaru przestrzennego rozkładu natężeń światła odbitego, przedstawionego na rys. 6a. Założeniem było skonstruowanie prostego instrumentu umożliwiającego wykonywanie pomiarów bezpośrednio w terenie po przyłożeniu podstawy przyrządu wprost na badaną powierzchnię. Jest to urządzenie przeznaczone specjalnie do badania połysku powłok.

Źródłem światła jest żarówka o mocy 20 W, zasilana z zasilacza o stałym, stabilizowanym napięciu lub z akumulatora 6 V. Istnieje możliwość stosowania filtrów. Natężenie powrotnie wypromieniowanego światła mierzy się za pomocą fotokomórki z miernikiem galwanometrycznym o czułości regulowanej nastawnym bocznikiem. Jako oprawy źródła światła i fotokomórki zastosowano dwa identyczne, typowe oświetlacze mikroskopowe z układami optycznymi i regulowanymi diafragmaми. Obecnie przyrząd ten przechodzi badania laboratoryjne i polowe (fot. 1).

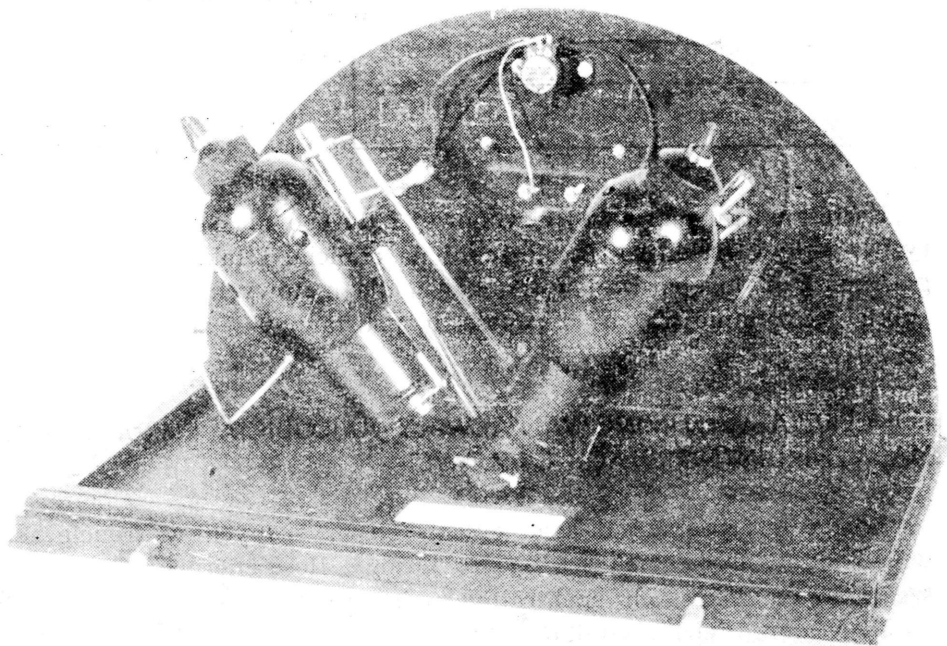
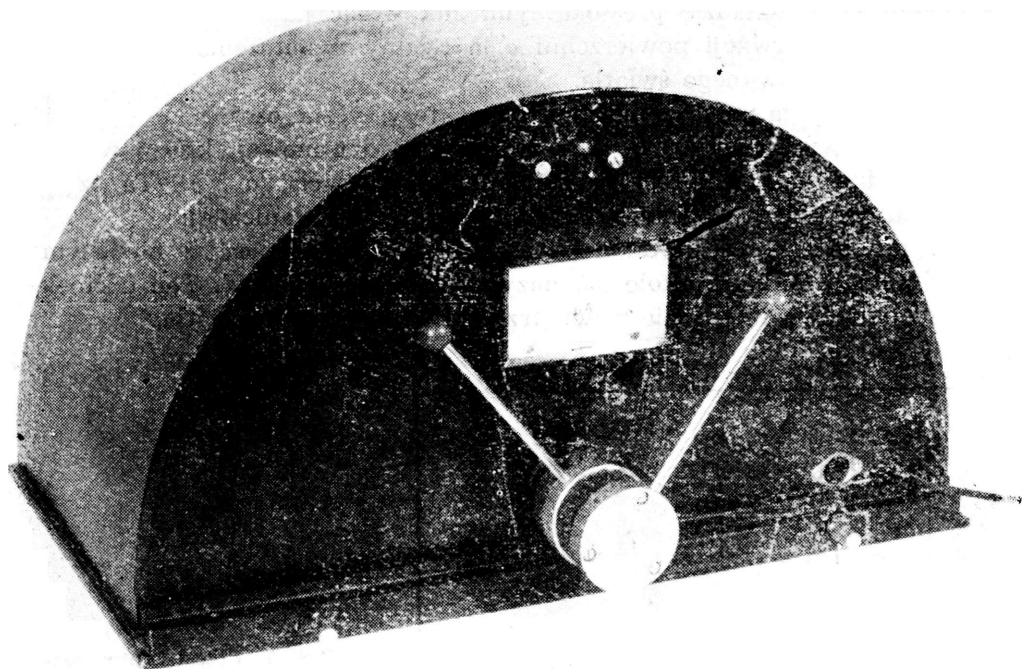
INTERPRETACJA WYNIKÓW POMIARU

W wyniku wykonanych pomiarów otrzymujemy przestrzenny rozkład natężenia światła odbitego w postaci zależności:

$$I_o = I_o(\alpha)$$

dla pewnego kąta padania β (np. 45° lub $22,5^\circ$). Oczywiście, wyniki pomiarów nie mają charakteru absolutnego, ale wykonane w identycznych warunkach dla różnych powierzchni pozwalają na ich wzajemne porównanie pod względem zdolności odbijania światła.

Jak podano, otrzymaną zależność można przedstawić w postaci indykatory. Jednakże bardziej przejrzysty i wygodny dla celów interpre-



Fot. 1. Połyskościomierz polowy WAT-u; u góry — ogólny wygląd przyrządu, u dołu — przyrząd po zdjęciu obudowy

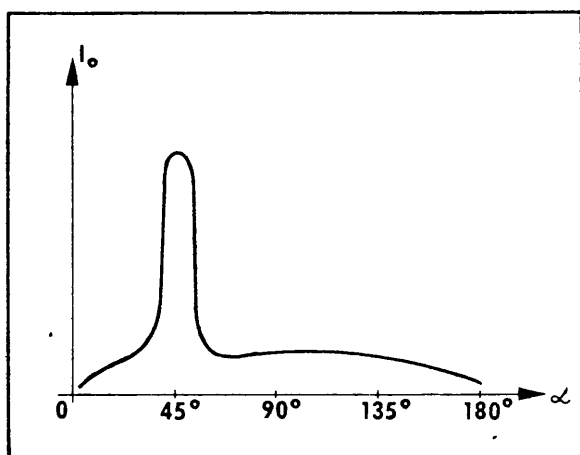
Phot. 1. Field reflectometer WAT; up — general view of the equipment, down — caseless equipment

tacji jest taki wykres krzywej połysku, gdzie wyniki pomiaru przedstawione są w układzie prostokątnym. Jak widać na rys. 7, odciętymi są tu kąty obserwacji powierzchni α , a rzędnymi natężenia I_0 powrotnie wypromieniowanego światła.

Każda krzywa połysku ma dwie charakterystyczne części:

a) duże wygarbienie, podobne do krzywej dzwonowej, której wierzchołek odpowiada wartości kąta regularnego odbicia ($\alpha = \beta$). Ta część wykresu odpowiada odbiciu światła na powierzchni granicznej;

b) pozostałą część, wolno wznoszącą się i opadającą, z niedużym maksimum przy kącie około 2β , nazywaną „tłem połysku”. Ten odcinek krzywej odpowiada jedynie wewnętrznemu rozpraszaniu światła.



Rys. 7. Przestrzenny rozkład natężenia światła odbitego od powierzchni rzeczywistej

Fig. 7. Spatial distribution of intensity of light reflected from a real surface

Kształt odcinka krzywej dzwonowej („dużego maksimum”) charakteryzuje wpływ struktury powierzchni na odbicie. I tak, dla powierzchni gładkich jest ona bardziej wysmukła, a dla matowych wysokość dużego „piku” jest mniejsza, a szerokość u podstawy — znacznie większa.

KONCEPCJA WYELIMINOWANIA WPŁYWU ODBICIA KIERUNKOWEGO NA WYNIKI INTERPRETACJI CYFROWEJ

Proces interpretacji danych cyfrowych uzyskanych w trakcie zdalnego badania środowiska jest bardzo złożony. Ilość energii E , jaka w poszczególnych zakresach spektralnych dociera do detektora, zależy od wielu różnorodnych czynników, z których część jest dodatkowo zmienna w czasie i przestrzeni (Butowtt, 1976; Sanecki, 1976). Ogólnie można napisać, że:

$$E = f(X, Y, Z, x, y, S, R, D, T, e, p, \lambda),$$

gdzie:

- X, Y, Z — współrzędne przestrzenne określające położenie detektora w momencie zbierania danych,
- x, y — współrzędne płaskie określające położenie interpretowanego elementu,
- S — widmowy rozkład promieniowania słonecznego,
- R — odbiciowe lub emisyjne właściwości danego elementu,
- D — czułość spektralna użytego detektora,
- T — widmowy współczynnik przepuszczalności użytego filtra, układu optycznego oraz tłumienie atmosfery,
- ϱ — przestrzenny rozkład właściwości odbiciowych lub emisyjnych badanego obiektu, obejmujący również szczególny przypadek, jakim jest zjawisko połysku,
- p — stopień polaryzacji promieniowania elektromagnetycznego,
- λ — długość fali promieniowania elektromagnetycznego wykorzystanego do detekcji.

Tak duża liczba elementów wpływających na ostateczną wielkość energii dochodzącej do aparatury sprawiała, że podejmowane niejednokrotnie w fotointerpretacji próby uzyskania wysoce wiarygodnych informacji o terenie na podstawie fototonu klasycznych zdjęć lotniczych z góry skazane były na niepowodzenie.

Milowym krokiem w pokonaniu tych trudności okazało się opracowanie i wdrożenie metody wielospektralnej. Ta najbardziej wydajna i uniwersalna metoda nowoczesnej teledetekcji umożliwia:

- zdalną transmisję danych,
- ich szybką obróbkę w EMC,
- wprowadzanie dowolnych korekcyj i to zarówno radiometrycznych, jak i geometrycznych,
- szerokie możliwości prezentacji wyników (filmy i zdjęcia czarno-białe i barwne, taśmy magnetyczne, tabulogramy, mapy tematyczne itp.).

Największą zaletą metody wielospektralnej jest równoczesne zbieranie informacji w kilku (kilkunastu) wąskich zakresach widma oraz możliwość automatycznego opracowania danych i wprowadzania wszelkiego rodzaju korekcyj.

Oczywiście dokładność tej metody w zasadniczym stopniu zależy od dokładności określenia wszystkich czynników wymienionych we wzorze na wielkość energii E .

Jednym z tych czynników, zmiennym w czasie i przestrzeni, jest spektralny rozkład właściwości odbiciowych oznaczony przez ϱ . Koncepcja jego uwzględnienia sprowadza się do dwóch etapów:

- zebranie charakterystyk interpretowanych obiektów terenowych w zależności od zmiennych parametrów (wysokość słońca, długość fali, stopnia zawilgocenia itd.),
- wprowadzenie ich w odpowiedniej formie do pamięci EMC.

Pierwszy cykl obróbki danych powinien przebiegać bez uwzględnie-

nia wpływu połysku. Dopiero po określeniu charakteru obiektów terenowych następowałyby kolejne iteracje, mające na celu korekcję wartości energetycznych poszczególnych pixeli o przyporządkowane danym obiektem wartości połysku. Takie rozwiązanie pozwoliłoby na znaczne zmniejszenie rozbieżności między założonymi i otrzymanymi krzywymi spektralnego odbicia obiektów terenowych, a więc na istotne podwyższenie stopnia wiarygodności, dokładności i kompletności interpretacji, co jest celem proponowanej koncepcji.

Zrealizowanie jej w warunkach krajowych wydaje się być w pełni możliwe i wymaga:

- zbudowania połyskościomierza przystosowanego do zbierania danych o spektralnym rozkładzie reemisji przy oświetleniu słonecznym, przy czym liczba i szerokość kanałów spektralnych winny być dostosowane do liczby i szerokości kanałów aparatury użytej do zbierania informacji,
- zebrania charakterystyk spektralnych połysku wybranej grupy obiektów terenowych,
- uwzględnienia otrzymanych charakterystyk w programie automatycznej interpretacji,
- podjęcia opracowań pozwalających na określenie stopnia podniesienia wiarygodności, dokładności i kompletności danych uzyskanych z takiej interpretacji.

LITERATURA

- Becker H. i in., 1967, *Farbe und Lack* 73, Nr 7.
- Butowtt J.M., 1976: *Wielopasmowe zbieranie informacji dla potrzeb zaalnego badania środowiska*, Dodatek do Biuletynu WAT, nr 9(289), Warszawa.
- Biestek T., Sekowski S., 1973: *Metody badania powłok metali*, WNT, Warszawa.
- Gąsowski W., 1972: *Badania połysku pokryć naturalnych i folii maskujących* (maszynopis), Przemysłowy Instytut Chemii Organicznej, Łódź.
- Falta W., 1979, *Jenaer Rundschau*, Nr 4.
- Saneccki J., 1979: *Maskowanie. Część I: Techniczne środki rozpoznania* (skrypt), WAT, Warszawa.
- Saneccki J., 1978: *Analiza i przetwarzanie informacji o obiektach powierzchniowych w zdalnym badaniu i środowiska techniką wielopasmową*, Dodatek do Biuletynu WAT, nr 9(289), Warszawa.

JERZY BUTOWTT, WIESŁAW DERKACZ

THE PROBLEM OF REFLECTION IN PHOTOINTERPRETATION

Summary

The paper describes the mechanism of the light reflection and the phenomenon of reflection, and presents its quantitative assessment. Next some laboratory instruments used to measure reflection are described and the concept of the field reflectometer constructed in the Military Technical Academy (Wojskowa Akademia Techniczna — WAT).

In the final section of the paper the author analyzes the effect of reflection and the directional reflection on the volume of registered energy and the possibility to improve the reliability of the automatic interpretation of the imagery.

JERZY BUTOWTT, WIESŁAW DERKACZ

LA QUESTION DU MIROITEMENT EN PHOTOINTERPRÉTATION

Résumé

Dans cet article nous avons présenté une description du mécanisme du reflet de la lumière et du phénomène du miroitement, ainsi que son estimation quantitative. Plus loin nous avons exposé certains instruments de laboratoire destinés à la mesure du miroitement et nous avons indiqué la conception du miroitomètre de campagne construit à l'Académie Technique Militaire (WAT).

Dans la dernière partie nous avons analysé l'influence du miroitement et du reflet orienté sur la grandeur de l'énergie enregistrée ainsi que la possibilité d'accroître la crédibilité de l'interprétation automatique des reproductions.

Traduit par Michał Michalak