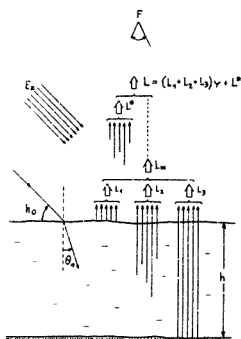


Instytut Geografii
Uniwersytetu Gdańskiego
Gdańsk

Kazimierz Furmańczyk

NIKTÓRE ASPEKTY PRZESTRZENNEGO ROZKŁADU GĘSTOŚCI OPTYCZNEJ ZDJĘĆ OBSZARÓW MORSKICH

Fotometryczna metoda określania głębokości morskiej strefy brzo-
gowej opisana szczegółowo w opracowaniach [1, 4, 5] polega na wyko-
rzystaniu zjawiska zmiany gęstości optycznej zdjęcia lotniczego towa -
rzyszającej zmianom głębokości akwenu. Przy wyprowadzaniu podstawo-
wego wzoru batymetrycznego w tej metodzie [1, 5] zakłada się, że do
kamery lotniczej umieszczonej na wysokości "w" nad akwenum o głąbo-
kości "h" docierają składowe pionowe radiacji morza /rys.1/: γL_1 ,



Rys.1. Ilustracja radiacji pionowej docierającej do kamery lotniczej.

L_1 - radiacja odbita od powierzchni morza, L_2 - radiacja powstała skut-
kiem rozproszenia wstecz w toni wodnej, L_3 - radiacja odbita od dna
morza, L_m - radiacja morza, L^* - radiacja pionowa powstała wskutek
rozpraszania wstecz strumienia zewnętrznego w warstwie atmosfery, γ -
współczynnik transmisji radiacji morza L_m w warstwie atmosfery

Fig.1. Illustration of vertical radiation reaching the aerial camera.

L_1 = radiation reflected from the sea surface; L_2 = radiation caused by
back-scattering in the water; L_3 = radiation reflected from the sea bed;
 L_m = upwelling radiance of the sea; L^* = upwelling radiance caused by
back-scattering of the downwelling light flux in the atmospheric layer;
 γ = coefficient of upwelling radiance L_m in the atmospheric layer

γL_2 , γL_3 /gdzie γ jest współczynnikiem transmisji radiacji w warstwie atmosfery/ oraz radiacja pionowa L^* rozproszona wstecz w warstwie atmosfery. Rozumowanie to jest słuszne jedynie dla punktu nadziowego zdjęcia wraz z najbliższym jego otoczeniem. Radiacje tworzące obraz pozostałych części zdjęcia różne są od pionowych szczególnie w przypadku tak powszechnie stosowanych kamer szerokokątnych. Fakt ten najczęściej nie był uwzględniany nie tylko w metodzie fotometrycznej. W przypadku tej metody użyteczny obszar zdjęcia ograniczono do 15° kątowej odległości od punktu głównego [2, 4] zakładając, że na tym obszarze w tworzeniu obrazu zdjęcia wartości radiacji nie odbiegają od pionowych. Nie bez znaczenia jest również fakt skomplikowanej postaci kątowego rozkładu radiacji zależnej od wielu czynników praktycznie niewyznaczalnych w momencie wykonywania zdjęcia.

W niniejszym opracowaniu autor podjął próbę uwzględnienia kątowego rozkładu radiacji w sposób empiryczny w zastosowaniu do metody fotometrycznej.

Jak już zostało nadmienione na wstępie ze zmianą głębokości akwenu zmienia się gęstość optyczna zdjęcia.

Z analizy rys.1 łatwo zauważyć, że zmiany gęstości optycznej powodowane są zmianami radiacji: L_2 , L_3 , natomiast radiacje: L_1 i L^* tworzą tzw. tło w założeniu stałe dla danego zdjęcia. Jeżeli zatem wykonamy zdjęcie dostatecznie głębokiego akwenu, w którym dno jest praktycznie niedostrzegalne, to wpływ radiacji L_2 ustali się na pewnym poziomie. Ponieważ założyliśmy również stałość wpływu radiacji L_1 i L^* , powinniśmy otrzymać na zdjęciu jednolitą gęstość optyczną. Występująca zmienność gęstości optycznej będzie więc spowodowana dwiema przyczynami:

1. wpływem geometrii obiektywu,
2. kątowym rozkładem radiacji L_2 i L^* , a głównie L_1 .

Ponieważ wpływ geometrii obiektywu można uwzględnić, więc na podstawie zdjęcia dostatecznie głębokiego akwenu będzie można wyznaczyć wielkość wpływu kątowego rozkładu radiacji na gęstość optyczną. W tym celu wykonano zdjęcia lotnicze akwenu głębokiego /zestawienie str.1/ aparatem Pentacon six z obiektywem Biometar 80 mm oraz kamerą AFA BAAF z ogniskową 21 cm zdjęcia strefy brzegowej morza. Do dalszego opracowania wybrano dwa zdjęcia wykonane aparatem, a ze zdjęć wykonanych kamerą wybrano takie fragmenty dwóch zdjęć, gdzie wpływ dna był niezauważalny.

Wybrane zdjęcia lub ich fragmenty poddano analizie przy użyciu

mikrofotometru samorejestrującego IFO-451 w wyniku czego sporządzono diagramy rozkładu pomierzonej gęstości optycznej poszczególnych zdjęć. Diagramy te są obarczone wpływem geometrii obiektywu.

Ogólnie znany wzór na spadek gęstości optycznej w dowolnym punkcie zdjęcia /wywołany powyższym efektem/ w porównaniu do punktu głównego przedstawia się następująco:

$$\Delta D = \gamma \log \cos^4 \text{arc tg } \frac{r}{f} \quad (1)$$

gdzie: γ - współczynnik kontrastowości filmu, r - odległość od punktu głównego zdjęcia, f - ogniskowa kamery.

W opracowaniu [4] przytoczony został powyższy wzór z komentarzem, że niedostatecznie przybliża on rzeczywisty spadek gęstości optycznej, skutkiem czego spadek taki należy wyznaczyć drogą empiryczną.

Autor opracowania [3] podaje dwa wzory, które w odniesieniu do spadku gęstości można zapisać następująco:

$$\Delta D = \gamma \log \cos^k \text{arc tg } \frac{r}{f} \quad (2)$$

gdzie k jest współczynnikiem charakterystycznym dla danego obiektywu wyznaczonym drogą empiryczną. Jest to wzór bardziej ogólny.

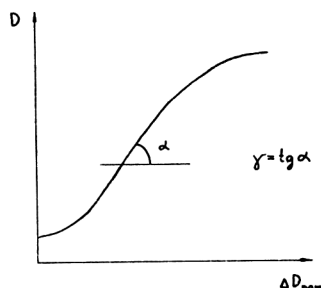
Oraz:

$$\Delta D = \gamma K_w \log \cos^4 \text{arc tg } \frac{r}{f} \quad (3)$$

gdzie K_w jest współczynnikiem winietowania będącym funkcją kąta -wej odległości od punktu głównego.

Do niniejszego opracowania wybrany został wzór (2). Powstał w związku z tym problem wyznaczenia współczynnika kontrastowości filmu γ oraz współczynnika k . Krzywą charakterystyczną materiału światłoczułego, z której określa się kontrastowość wyznacza się laboratoryjnie w standardowych warunkach naświetlania i pomiaru gęstości optycznej. Ponieważ w tym przypadku nie ma potrzeby wyznaczania całej krzywej, można określić tylko fragment jej prostoliniowego odcinka niezbędny do obliczenia współczynnika kontrastowości /rys.2/. Wykonano to w następujący sposób. Dysponując schodkowym klinem szarości o stałym interwale ΔD_{nom} , naświetlono go stykowo na badanym odcinku filmu i wy-

wolano w warunkach analogicznych jak zdjęcie lotnicze. Obraz klina przeanalizowano na mikrofotometrze samorejestrującym, a wyniki naniesiono w układzie współrzędnych jak na rys.2.



Rys.2. Wykres fragmentu krzywej charakterystycznej filmu.

D_{pom} - gęstość optyczna pomierzona, ΔD_{nom} - nominalny interwał wzorcowego schodkowego klina szarości, α - kąt nachylenia prostoliniowego odcinka krzywej charakterystycznej.

Fig.2. Graphs of a fragment of the film characteristic curve.

D_{pom} = optical density measured, ΔD_{nom} = nominal interval of transparent step wedge, α = angle of inclination of a rectilinear section of the characteristic curve

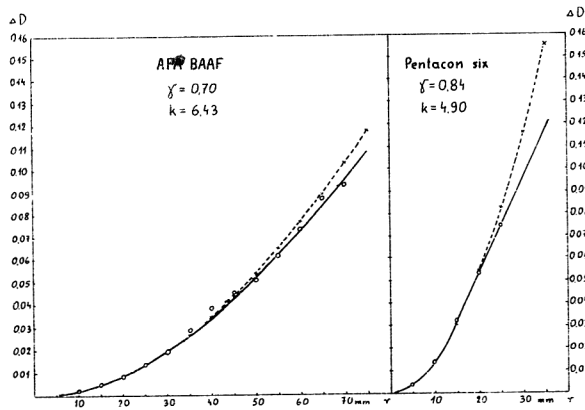
Po wykreśleniu prostoliniowego odcinka krzywej zmierzono kąt α i określono współczynnik γ . Wyniki przedstawiono w poniższym zestawieniu.

kamera	AFA BAAF 21 S	Pentacon six
ogniskowa	210 mm	80 mm Biometar
format negatywu	13 x 18 cm	6 x 6 cm
film	Fotopan 10	ORWO NP 20
czułość	27 DIN	20 DIN
wywoływacz	hydrofen	RO9 1 + 40
temperatura	20°C	20°C
czas wywoływania	10'	10'

Wyznaczenie współczynników: γ i k ze wzoru (2)

γ	0,70	0,84
k	6,43	4,90

Rzeczywisty spadek gęstości optycznej zdjęcia spowodowany geometrią obiektywu można wyznaczyć fotografując równomiernie oświetloną płaszczyznę, co w praktyce jest nieosiągalne. W przypadku kamery sfotografowano przy poziomej osi optycznej biały ekran oświetlony światłem rozproszonym. Ponieważ po analizie fotometrycznej okazało się, że istnieje wpływ podłoża oraz przedmiotów znajdujących się w pobliżu na oświetlenie pewnych części ekranu, więc do opracowania przyjęto dwa radialne kierunki, gdzie wpływu otoczenia nie zaobserwowano. W przypadku aparatu sfotografowano zenit bezchmurnego nieba bezpośrednio po zachodzie słońca. Zdjęcie sfotometrowano wzdłuż prostej przechodzącej przez punkt główny i prostopadłej do kierunku na zachodzące słońce. Uzyskano w tym przypadku pełną symetrię wykresu po obu stronach punktu głównego. W ten sposób wyznaczono rzeczywisty spadek gęstości optycznej dla zdjęć wykonanych aparatem i kamerą, a następnie ze wzoru (2) mając ΔD , γ , r , f obliczono średnie k . W celu zbadania rozbieżności spadku gęstości rzeczywistego w porównaniu z obliczonym ze wzoru (2), obliczono ΔD ze wzoru (2) mając γ , r , f , k . Wyniki przedstawiono na rys.3. Wynika z niego, że do 40 mm



Rys.3. Wykres spadku gęstości optycznej zdjęcia ΔD spowodowany geometrią obiektywu. Linia ciągła - spadek rzeczywisty, linia przerywana - spadek obliczony ze wzoru (2).

a/ dla kamery lotniczej AFA BAAF

b/ dla aparatu fotograficznego Pentacon six

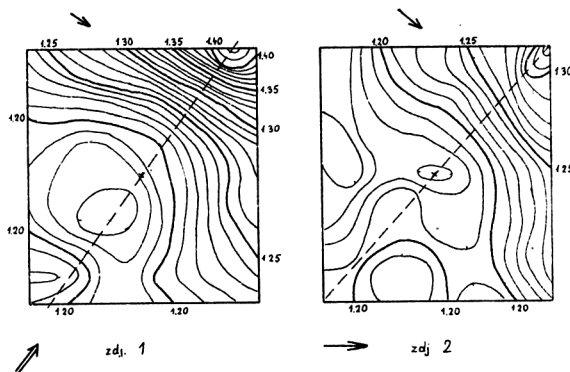
Fig.3. Graph of drop in optical density of photograph ΔD due to the lens geometry. Unbroken line - true drop, broken line - drop calculated from formula (2).

a/ for AFA BAAF aerial camera

b/ for Pentacon six camera

dla kamery, a do 20 mm dla aparatu nie ma istotnych różnic w spadku gęstości rzeczywistej i obliczonej. Dalej obserwuje się mniejszą wartość rzeczywistego spadku niż obliczonego. Ponieważ różnice te wrażliwość spadku gęstości, do dalszej analizy wzięto spadki gęstości rzeczywiste.

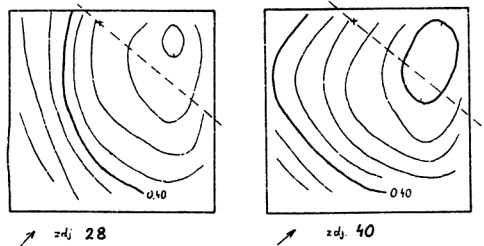
Opisane wcześniej diagramy rozkładu gęstości pomierzonych dla poszczególnych zdjęć zostały według spadków rzeczywistych skorygowane, w wyniku czego na rys.4a i b oraz 5a i b przedstawiono popra-



Rys. 4a i 4b. Diagram rozkładu gęstości optycznej zdjęć akwenu głębokiego wykonanych aparatem Pentacon six

Fig. 4a and 4b. Diagram of optical density distribution in photographs of deep waters, using a Pentacon six camera

wione rozkłady gęstości optycznej. Izolinie gęstości optycznej przedstawione zostały tu co 0,01. Zaznaczono również linią przerywaną kierunek od punktu głównego zdjęcia do słońca oraz strzałkami kierunki systemów fal. Generalnie daje się zauważyć pewną tendencja do syme-



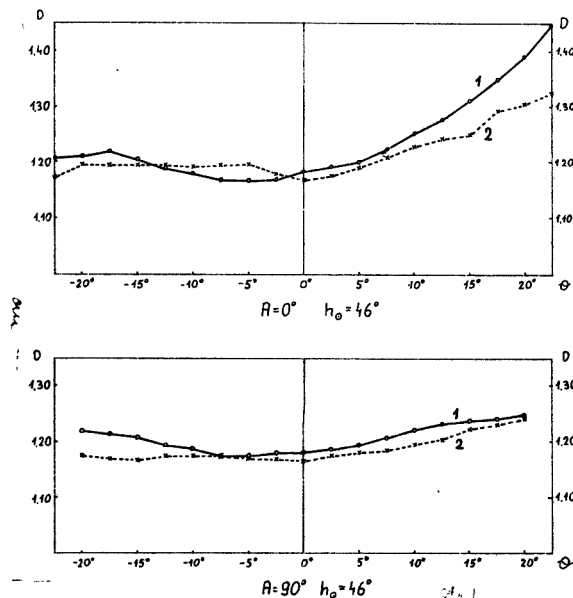
Rys. 5a i 5b. Diagram rozkładu gęstości optycznej fragmentów zdjęć wykonanych kamerą AFA BAAF

Fig. 5a and 5b. Diagram of optical density distribution of fragments of photographs made using the AFA BAAF aerial camera

trii rozkładu gęstości względem kierunku od punktu głównego do słońca /kierunek główny/ szczególnie widoczna na rys.4a. Niewielkie asymetrie układów w pozostałych przypadkach spowodowane są systemami fal, skośnymi do kierunku podanego. W przypadku rys.4a główny system fal pokrywa się z kierunkiem głównym na zdjęciu oraz występuje mało widoczny system o kierunku prostopadłym, dlatego rozkład jest tu stosunkowo symetryczny. W innych przypadkach występuje już pewna asymetria spowodowana systemami fal, skośnymi do kierunku głównego.

W ten sposób otrzymano rozkład gęstości optycznej spowodowany kątowym rozkładem radiacji L_1 , L_2 i L^* . Rysunki 4 i 5 potwierdzają złożony charakter kątowych rozkładów powyższych radiacji.

Na podstawie rysunków 4a i b zostały wyznaczone zależności gęstości optycznej D od kąta obserwacji Θ liczonego od pionu wzdłuż kierunku głównego [$A = 0^\circ$] oraz wzdłuż kierunku do niego prostopadłego przechodzącego przez punkt główny [$A = 90^\circ$] przy wysokości słońca $h_\odot = 46^\circ$. Zależności te przedstawione zostały na rys.6a i b.



Rys.6. Wykres zależności gęstości optycznej D od kąta obserwacji Θ . 1 - dla zdjęcia nr 1 /rys.4a/ 2 - dla zdjęcia nr 2 /rys.4b/.
a/ wzdłuż kierunku $A = 0^\circ$
b/ wzdłuż kierunku $A = 90^\circ$

Fig.6. Graph of dependence of optical density D on the angle of observation Θ . 1 - for photograph No.1 /Fig.4a/, 2 - for photo - graph No.2 /Fig.4b/.
a/ along direction $A = 0^\circ$
b/ along direction $A = 90^\circ$

Ilość izolinii gęstości optycznej w otoczeniu punktu głównego świadczy o występowaniu na użytecznej części zdjęcia różnic wielokrotnie przekraczających dokładność jej pomiaru. Z powyższego wynika, że wpływ ten na dokładność określenia głębokości w metodzie fotometrycznej posiada istotne znaczenie i nie może być pominięty. W tym celu należy na rys. 5a i b przyjąć izolinie gęstości przechodzące przez punkty główne za izolinie poprawek zerowych i tą drogą utworzyć diagramy rozkładu poprawek spowodowanych oświetleniem $\Delta D_{o\acute{s}w}$. Izolinie te należy ekstrapolować na obszar zdjęcia objęty wpływem dna i po uwzględnieniu poprawek $\Delta D_{o\acute{s}w}$ zbadać ich wpływ na dokładność określania głębokości, co stanowi przedmiot dalszych badań autora.

L I T E R A T U R A

1. F u r m a ń c z y k K., 1975, Niektóre aspekty fotometrycznej metody określania głębokości strefy brzegowej morza. Materiały na II sympozjum Instytutu Nawigacji i Hydrografii WSMW Gdynia.
2. Geologo - geomorfologiczeskoje izuczienije morskich miełkowodij i bieriegow po matieriałam aerofotosjemki, izd Nauka, Lenin - grad 1968.
3. K u c z k o A.S., 1974, Aerofotografija. Niedra Moskwa.
4. Primienienije aerometodow dlia issledowanija moria, /pod red. Zdanowicza W.G./, izd. AN SSSR Moskwa-Leningrad 1963.
5. W o ź n i a k B., F u r m a ń c z y k K., W e n s i e r s k i W., Optyczne aspekty fotometrycznej metody określania głębokości morza w strefie brzegowej, cz.I, Fizyczne podstawy kształtowania się oddolnego strumienia światła naturalnego nad płytkim akwenem morskim. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdań - skiego. Geografia /w druku/.

Kazimierz Furmańczyk

SOME ASPECTS OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF THE OPTICAL
DENSITY OF AERIAL PHOTOGRAPHS OF THE SEA

S u m m a r y

Aerial photographs of homogeneous objects show the non-uniformity of the optical density over the whole surface of the photograph. This is due to the object reflecting light in different directions. This phenomenon occurs quite distinctly in the case of aerial photographs of water surfaces, particularly seas and lakes.

In his paper, the author presents a method of measuring this phenomenon in the case of photographs of coastal zones. He also gives a method of relevant corrections in the photometric method of determining depth.