

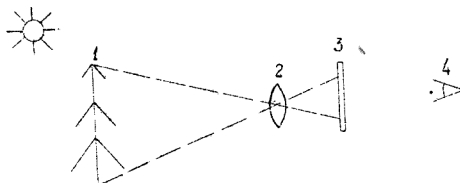
Wojskowa Akademia Techniczna
Warszawa

Józef Stępiak

WPLYW NIEKTÓRYCH CZYNNIKÓW NA JAKOŚĆ OBRAZU FOTOGRAFOWANEGO OBIEKTU

Problem wpływu niektórych czynników z punktu widzenia fotointerpretacji zdjęć lotniczych posiada duże znaczenie szczególnie, gdy mamy do czynienia z rozpoznaniem obiektów małych. Jakość zdjęć lotniczych w tym przypadku ma wyjątkowo duże znaczenie, ponieważ wpływa na ich czytelność i pojemność informacyjną.

W celu umiejscowienia czynników decydujących o jakości zdjęcia przedstawmy schematycznie kanał przekazania informacji o fotografowanym obiekcie na materiał światłoczuły.



Rys.1. Układ fotograficzny przekazania informacji

1 - obiekt fotografowania - źródło informacji, 2 - układ optyczny odtwarzający źródło informacji, 3 - warstwa światłoczuła rejestrująca informację, 4 - odbiornik informacji

Fig. 1. Photo arrangement of the transferred information

1 - Object of photographing - source of information, 2 - Optical arrangement - reproducing the source of information, 3 - The light-sensitive layer registering the information, 4 - The receiver of information

W przytoczonym schemacie, aby układ funkcjonował źródło informacji musi promieniować światło lub być oświetlone. Rozkład jasności promieniowanych w postaci dwuwymiarowego sygnału przedstawia informację o obiekcie. Przekazanie informacji odbywa się przy pomocy

światła widzialnego przechodzącego od źródła informacji do układu od-
tworzącego informację. Na skutek kwantowej struktury światła, turbu-
lencji powietrza, mgły, pyłu itp., w kanale przekazania informacji pow-
stają zakłócenia. Niejednorodność warstwy atmosfery i jej zanieczysz-
czenie powoduje rozpraszanie i pochłanianie światła, co prowadzi do
obniżenia kontrastu obrazu fotografowanego obiektu.

Kontrasty obrazu fotografowanego obiektu są uwarunkowane: po
pierwsze kontrastami samego obiektu tj. różnicami w zdolności odbija-
nia składowych obiektu i różnicami w ich jasności, po drugie właści-
wościami materiału fotograficznego, po trzecie warunkami fotochemiczne-
go opracowania materiałów światłoczułych oraz przyczynami ubocznymi -
mi - zewnętrznymi.

Aby kontrast obrazu fotograficznego mógł być przyjęty przez oko
powinien być nie mniejszy od pewnej wartości progowej σ , która nie
jest wartością stałą. Przy rozpatrywaniu zdjęć o kontraście tonowym,
średnią wartość σ można przyjąć równą 0,06. Uwzględniając jednak
przyczyny uboczne, mające poważny wpływ na kontrast, takie jak: spek-
tralne pochłanianie światła przez powietrze i obiektyw, dodatkową ja-
skrawość obrazu optycznego tworzoną przez jaskrawość dymki po-
wietrznej oraz jaskrawość dodatkową powstającą na skutek wielokrotno-
go odbicia światła od powierzchni soczewek obiektywu i filtra świetlnego,
w wyniku czego pewna jego część rozprasza się w lotniczym apa-
racie fotograficznym [LAF]. Za minimalną wyróżnialną wartość różnic
kontrastu należy uważać $\Delta = 0,10$.

Powietrze atmosferyczne prawie zupełnie pochłania promienie ul-
trafioletowe [$100 < \lambda < 400$ nm] i znacznie zmniejsza energię promieni
niebiesko-błękitnych i żółtych. W celu uniknięcia zakłóceń atmosferycz-
nych fotografowanie powietrzne staramy się wykonać przy dobrych wa-
runkach meteorologicznych.

Światło rozproszone w kamerze LAF stanowi około 25-30% świa-
tła przechodzącego przez obiektyw. Przy obliczeniach straty światła
przyjmuje się równo 3,5% na każdą powierzchnię obiektywu stykające-
go się z powietrzem. Ustalono, że rozproszenie światła jest tym więk-
sze im dłuższe są fale świetlne.

Doświadczenia wykazały, że światło o długości fal w przedziale 700-
800 nm rozprasza się 5-7 razy więcej niż światło o długości 500-600
nm.

Najbardziej efektywną metodą obniżania wpływu rozproszenia światła w
kamerze LAF jest rozjaśnienie optyki i stosowanie odpowiednich filtrów.

Na podstawie wieloletnich doświadczeń i pewnych rozważań teo -

retycznych ustalono, że najpełniejsze przekazanie wiadomości o foto - grafowanym obiekcie osiągamy w środkowym odcinku krzywej charakterystycznej o gęstości optycznej 0,6-0,9.

Czas naświetlania w czasie fotografowania i warunki wywoływania powinny zabezpieczyć umiejscowienie najważniejszych składowych obiektu na tym odcinku krzywej charakterystycznej. Określenie ekspozycji należy wykonać bardzo dokładnie z błędem nie większym jak 1,5-2 krotnym. Otrzymujemy wówczas normalnie eksponowany i wywołany negatyw. Ocena jakości takiego negatywu jest uzależniona od sposobu wykonywania procesu pozytywowego tj. czy negatyw będzie kopiowany stykowo czy też projekcyjnie. W pierwszym przypadku negatyw w zasadzie powinien być wywołany do współczynnika kontrastowości rzędu 0,8-0,9 i wyeksponowany tak, aby wszystkie szczegóły w cieniu i miejscach jasnych były dobrze widoczne w świetle lampy biurowej lub w oknie - w świetle dziennym. W drugim przypadku, przy kopiowaniu projekcyjnym, a szczególnie przy dużych powiększeniach, gdy zachodzi potrzeba maksymalnego wykorzystania informacji, negatyw powinien być wywołany miękko tzn. do współczynnika kontrastowości około 0,65. Przy maksymalnych powiększeniach z negatywu i wykorzystaniu powiększalnika kondensorowego współczynnik kontrastowości powinien być jeszcze mniejszy tj. rzędu 0,40-0,50. W tym przypadku negatyw wygląda bardzo miękko, ale przy normalnej ekspozycji wszystkie jego szczegóły są dobrze wypracowane. Wymagania w stosunku do dokładnego określenia ekspozycji w tym przypadku są jeszcze wyższe.

W celu zilustrowania wpływu kontrastu fotografowanego obiektu, zdolności rozdzielczej układu "obiektyw - warstwa światłoczuła", wysokości fotografowania, ostrości konturów obrazu fotograficznego na jakość zdjęć dokonano obliczeń, których wyniki przedstawione są w poniższych tabelach i wykresach.

W tabeli 1 przedstawiono wpływ zdolności rozdzielczej obiektywu R_{ob} otrzymanej wizualnie, zdolności rozdzielczej materiału światłoczułego R_f otrzymanej drogą kopiowania stykowego oraz kontrastu testu K_t na wynikową zdolność rozdzielczą układu R_u . Do obliczeń wykorzystano wzór empiryczny Moroza-Istomina

$$R_u = R_f / \frac{K_t}{2 - K_t} /^{0,36} \left[1 - e^{-\frac{R_{ob}}{R_f} / \frac{2 - K_t}{K_t} /^{0,36}} \right]$$

T a b e l a 1

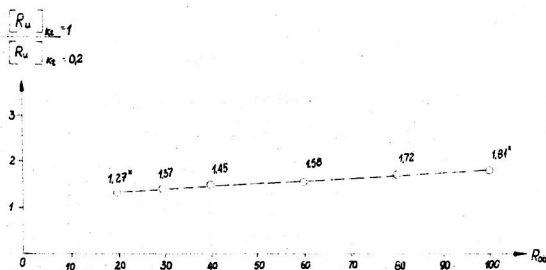
Wpływ zdolności rozdzielczej obiektywu, materiału światłoczułego i kontrastu na zdolność rozdzielczą układu.

	20	30	40	60	80	100
	$K_t = 1$					
20	12.6	15.5	17.3	19,0	19.6	19.8
30	14,7	19.0	22.0	25.9	28.0	29.0
40	15.7	21.1	25.3	31.1	34.6	36.7
60	16.9	23.6	29.1	37.9	44.1	48.8
80	17.7	25.0	31.5	42.2	50.6	57.0
100	18.1	25.9	32.8	45.1	55.0	63.2
R_u	95.7	130.1	158.0	201.2	231.9	254.5
	$K_t = 0,2$					
20	8.1	8.7	8.9	9.0	9.0	9.0
30	10.5	12.0	12.9	13.4	13.6	13.6
40	12.0	14.5	16.0	17.3	17.8	17.9
60	14.0	18.0	20.7	24.0	25.7	26.3
80	15.2	20.1	24.0	29.1	32.0	33.6
100	16.0	21.7	26.3	33.3	37.1	40.0
R_u	75.8	95.0	108.8	126.1	135.2	140.4

Z przytoczonych danych wynika, że na zdolność rozdzielczą wynikową R_u przy kontraście $K_t = 1.0$ większy wpływ posiada zdolność rozdzielcza obiektywu niż materiału fotograficznego. W miarę jednak zmniejszania się kontrastu wzrasta wpływ zdolności rozdzielczej materiału fotograficznego i przy kontraście $K_t = 0.2$ staje się on dominujący. Spadek kontrastu od 1.0 do 0.2 mimo wzrostu zdolności rozdzielczej obiektywu i materiału fotograficznego, powoduje liniowy wzrost krotności spadku wynikowej zdolności rozdzielczej. Ilustruje to rys.2 sporządzony na podstawie danych w tabeli 1.

Tabela 2 ilustruje wpływ wysokości fotografowania H i zdolności rozdzielczej układu R_u na odtwarzanie minimalnych wymiarów obiektów L_{min} na zdjęciach lotniczych przy stałej długości ogniskowej LAF $f = 200$ um. Do obliczeń wykorzystano wzór:

$$L_{min} = \frac{H}{2R_u f_k}$$



Rys.2. Wpływ zmiany kontrastu przy wzroście zdolności rozdzielczej obiektywu na krotność spadku zdolności rozdzielczej układu

Fig. 2. Influence of the contrast change at the increase of the resolving power of the lens upon the amount of decrease of the resolving power of the arrangement

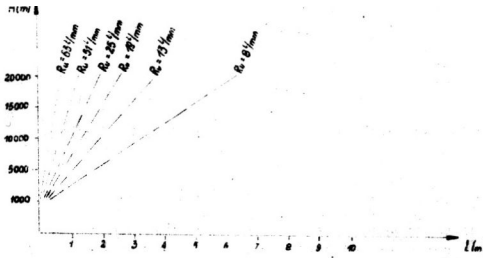
T a b e l a 2.

Wpływ wysokości fotografowania i zdolności rozdzielczej układu na odtwarzanie minimalnych wymiarów obiektów

l/mm	Mianow. skali zdjęcia	13	19	25	38	51	63	8	12	16	24	32	40
		L _{min}											
1000	5000	0,2	0,13	0,1	0,07	0,05	0,04	0,31	0,21	0,16	0,1	0,08	0,06
5000	25000	0,96	0,66	0,50	0,33	0,25	0,20	1,56	1,04	0,78	0,53	0,38	0,31
10000	50000	1,92	1,32	1,00	0,66	0,50	0,40	3,12	2,08	1,56	1,04	0,76	0,63
15000	75000	2,88	1,97	1,50	0,99	0,75	0,60	4,69	3,13	2,34	1,56	1,14	0,94
20000	100000	3,85	2,65	2,00	1,32	1,00	0,80	6,24	4,16	3,12	2,08	1,52	1,25

Wzrost wysokości fotografowania wymaga proporcjonalnego zwiększenia minimalnych wymiarów obiektów, aby mogły być one odtworzone na zdjęciu lotniczym.

Natomiast zwiększenie zdolności rozdzielczej układu z 13 1/mm do 63 przy kontraście $K_t = 1,0$ i z 8 1/mm do 40 przy kontraście $K_t = 0,2$ daje możliwość fotografowania obiektów około pięciokrotnie mniejszych. Spadek kontrastu od 1,0 do 0,2 powoduje zmniejszenie zdolności rozdzielczej układu odpowiednio z 13 do 8, z 19 do 12... z 63 do 40 1/mm. Wymaga to zwiększenia minimalnych wymiarów obiektów do wymiarów jak podano w tab.2. W przeciwnym wypadku fotografowany obiekt nie będzie widoczny. Powyższe zależności ilustruje rys.3.



Rys.3. Wykres minimalnej wielkości obiektów odtwarzanych na zdjęciu lotniczym przy określonej wysokości fotografowania

Fig. 3. Minimum diagram of the sizes of targets reproduced by aerial pictures at a defined altitude of photographing.

Tabela 3 ilustruje wpływ zdolności rozdzielczej układu R_u i tonacji zdjęcia m na jego pojemność informacyjną wyrażoną w bitach. Obliczenia wykonano wg wzoru:

$$I = P / 2R_u / 2 \lg_2 m$$

przyjmując format zdjęcia $P = 20 \times 20$ cm.

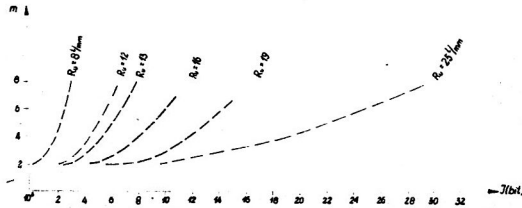
T a b e l a 3

Wpływ zdolności rozdzielczej układu i tonacji zdjęcia na jego pojemność informacyjną

R_u	m			R_u	m		
	2	4	8		2	4	8
13	27×10^6	54×10^6	81×10^6	8	10^6	2×10^6	31×10^5
19	58×10^6	12×10^7	17×10^7	12	23×10^6	46×10^6	69×10^6
25	10^8	2×10^8	3×10^8	16	41×10^6	62×10^6	123×10^6

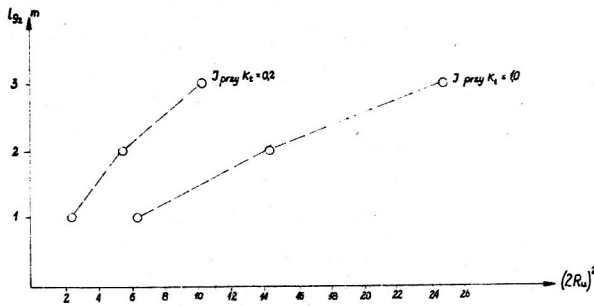
Z przytoczonych danych wynika, że geometrycznemu postępowi zmiany tonacji odpowiada postęp arytmetyczny wzrostu informacji przy stałej wartości zdolności rozdzielczej układu i określonym formacie zdjęcia. Ilustruje to wykres przedstawiony na rys. 4.

Natomiast z arytmetycznym wzrostem zdolności rozdzielczej układu i geometrycznym wzroście tonacji przy określonym formacie zdjęcia jego pojemność informacyjna wzrasta zgodnie z wykresem przedstawionym na rys. 5.



Rys.4. Wpływ zmiany tonacji na pojemność informacyjną zdjęcia przy określonych wartościach zdolności rozdzielczej układu

Fig. 4. Influence of the tone change upon the informing capacity of the picture at certain defined values of the resolving power of the arrangement



Rys.5. Wpływ zdolności rozdzielczej układu i tonacji na pojemność informacyjną zdjęcia

Fig. 5. Influence of the resolving power and tonation upon the information capacity of the picture

Tabela 4 przedstawia wpływ pasa rozmycia l na wykrywalność obiektów. Obliczenia wykonano wg wzorów:

$$a \geq 1,4 \times l \times \Delta^{-\frac{1}{2}}, \quad b \geq 3,5 \times l \times \Delta^{-\frac{1}{2}}, \quad d \geq 0,6 \times l \times \Delta^{-\frac{1}{2}}$$

Gdzie: a, b, d - wymiary obrazu obiektu niezbędne do wykrycia obiektu / a /, określenia kształtu obiektu / b /, wykrycia obiektów liniowych / d /.

Z tabeli wynika, że przy 10^x wzroście rozmycia obrazu obiektu jego wymiary muszą wzrosnąć również 10^x , aby on mógł być odczytany. Natomiast spadek kontrastu od wartości 1,0 do 0,2 powoduje potrzebę 2^x zwiększenia wymiarów obrazu w celu jego odczytania. Z wstępnych rozważań nad wymienionymi problemami wynikają następujące wnioski.

T a b e l a 4

Wpływ pasa rozmycia na wykrywalność obiektów

rozmiar pasa rozmycia w mm	Efektywne powiększ. V	Minimalne wymiary obrazu obiektu przy różnych wartościach kontrastu niezbędnych do:								
		wykrycia obiektu a			określ. kształtu obektu b			wykrycia obiektów liniowych d		
		0,2	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0
0,01	$V = \frac{0,15}{1}$	0,03	0,02	0,01	0,08	0,05	0,035	0,014	0,009	0,006
0,02		0,06	0,04	0,03	0,16	0,10	0,07	0,028	0,017	0,012
0,03		0,09	0,06	0,04	0,23	0,15	0,10	0,032	0,026	0,018
0,05		0,16	0,10	0,07	0,40	0,25	0,18	0,070	0,043	0,030
0,07		0,22	0,14	0,10	0,55	0,35	0,25	0,098	0,060	0,042
0,10		0,32	0,20	0,14	0,72	0,50	0,35	0,200	0,086	0,060

1. Prowadzenie badań w tym zakresie pozwoli na bardziej racjonalne wykorzystanie lotniczej aparatury fotograficznej i lepszy dobór filmów lotniczych,
2. Badania te pozwolą prognozować skutki rozpoznania fotograficznego.
3. Znajomość wpływu wymienionych czynników na rozpoznawalność obiektów pozwoli uwzględnić je przy ustaleniu właściwości reemisyjnych obiektów terenowych, szczególnie w przypadku automatyzacji procesów fotointerpretacji.

Józef Stępnik

THE INFLUENCE OF SOME FACTORS UPON THE QUALITY OF THE
PICTURES OF THE PHOTOGRAPHED TARGETS

S u m m a r y

Short characteristics of the main factors having influence upon the quality of target picture, have been presented in this paper. It has been analysed : influence of lens and film resolving power upon the resultant resolving power ; influence of altitude and the system resultant resolving power upon the reproduction of minimal targets dimensions on aerial pictures ; influence of the system resultant resolving power upon the information capacity of the aerial pictures ; influence of acutancy upon the target detectability.