

Wiesław Dębski
Piotr Walczykowski
Robert Żukowicz

DOBÓR LOTNICZYCH CZARNO-BIAŁYCH MATERIAŁÓW ŚWIATŁOCZUŁYCH DLA POTRZEB FOTOGRAMETRII I TELEDETEKCJI

1. Wstęp

W ramach programu PHARE przewiduje się wykonawstwo zdjęć lotniczych czarno- białych w skali 1:26 000 i 1:13 000 do wytworzenia ortofotomapy dla potrzeb budowy Systemu Identyfikacji Działek Rolniczych. Produkt w postaci cyfrowej ortofotomapy powinien charakteryzować się określoną kartometrycznością. Osobnym problemem jest właściwa jakość radiometryczna tworzonej ortofotomapy. Błędy tonalne tworzonego produktu mogą mieć następujące przyczyny: niska jakość zdjęć oryginalnych, błędy skanowania zdjęć lotniczych, nierównomierne naświetlenie w obrębie fotogramu wywołane zmianą topografii terenu lub znaczna zmiana kąta promieni naświetlających poszczególne partie zdjęcia oraz łączenie zdjęć wykonanych w różnych terminach. Dzięki cyfrowej obróbce obrazu cytowane błędy są możliwe do skorygowania i nie muszą obciążać produktu finalnego.

Jednak informacja utracona na etapie pozyskiwania zdjęć tj. w czasie fotografowania i obróbki nie jest możliwa do odzyskania.

Niniejszy artykuł ma na celu podanie koncepcji technologii nadzoru i kontroli procesu wykonywania zdjęć fotogrametrycznych dla potrzeb ortofotomapy.

Celem pozyskania „optymalnego negatywu ” dla danych warunków fotografowania, autorzy proponują prowadzenie kontroli sensytometrycznej i rezolwometrycznej na etapie wykonawstwa.

2. Kontrola jakości fotograficznej filmów lotniczych

Wymagania stawiane przed lotniczymi błonami fotograficznymi [16, 20 i 22] są bardzo wysokie. Muszą one dokonywać rejestracji obrazu przy niskim i wysokim poziomie oświetlenia oraz przy małym i wysokim kontraście z bardzo różnych wysokości od kilkudziesięciu metrów do kilkunastu kilometrów. Aby uzyskać maksimum informacji za pomocą fotografii lotniczej przemysł dostarcza różnorodne błony lotnicze do wyrobu, których stosuje się nowoczesne technologie produkcji. Szeroki asortyment błon lotniczych umożliwia dokonanie wyboru błony o charakterystykach optymalnych dla danego rodzaju misji lotniczej.

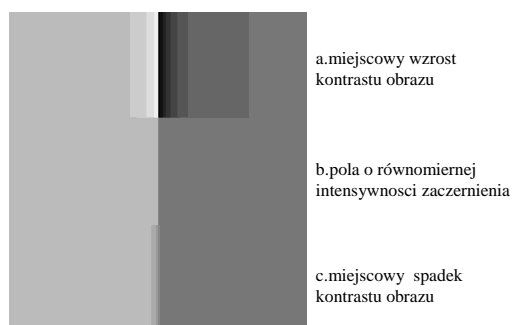
W fotografii lotniczej nie można stosować błony fotograficznej o jednej czułości do różnych zastosowań uwzględniając różne warunki fotografowania. Końcowa jakość uzyskanego negatywu zależy nie tylko od jego ekspozycji, ale i od prowadzonego procesu obróbki.

Prawidłowa realizacja obróbki wymaga specjalnych procesorów. Procesory te posiadają rozbudowany układ sterowania związany ze stabilizacją składu roztworów obrabiających i temperatury, jak również umożliwiający ściśle przestrzeganie reżimów czasowych poszczególnych operacji. W przypadku obróbki lotniczych materiałów negatywowych o dużym metrażu (od kilkudziesięciu do ponad trzystu metrów) i zróżnicowanych szerokościach filmu (od 35 mm do 240 mm), aby spełnić powyższe wymagania potrzebne są uniwersalne procesory o dużych gabarytach, które zapewniają zadowalającą wydajność.

Dotychczasowa praktyka oceny i regulacji procesów chemicznej obróbki materiałów fotograficznych nie miała charakteru systematycznej i rutynowej kontroli. Ze względu na stosowane różnorodne i niestabilne metody obróbki oraz nietrwałe materiały fotograficzne, nie istniały właściwe warunki do powszechnego stosowania rzetelnej kontroli procesowej. Z tego względu zagadnienia sensytometrii fotograficznej, służącej jako narzędzie diagnostyczne, były świadomie pomijane i rzadko stosowane. Obecnie, kiedy laboratoria fotograficzne wyposażone są w automatyczne procesory do obróbki materiałów fotograficznych, do uzyskania wysokiej jakości negatywów niezbędne jest prowadzenie kontroli sensytometrycznej. Oznacza to konieczność zapoznania się z podstawowymi pojęciami i zagadnieniami z zakresu sensytometrii fotograficznej. Jakość i przydatność zapisu fotograficznego są ściśle związane z charakterystykami sensytometrycznymi filmu użytego do rejestracji.

Sensytometria, w jednej ze swoich dziedzin, zajmuje się pomiarem reakcji materiałów fotograficznych na promieniowanie elektromagnetyczne. Natomiast badania właściwości struktury obrazu dotyczą stopnia, do którego film może wiernie zapisać informację.

W jakim stopniu parametry sensytometryczne filmu są wykorzystane, jak również, jaka jest struktura otrzymanego obrazu zależy od warunków naświetlania filmu, obróbki i przeglądania.[15]



Rys.1. Przestrzenny rozkład gęstości optycznej na granicy obrazu i tła: a. ilustruje rozkład gęstości optycznej dla przypadku działania efektów krawędziowych związanych z hamowaniem procesu wywoływania, b. ilustruje przypadek braku efektów krawędziowych, c. ilustruje rozkład jasnego i ciemnego pola obrazowego związany z przyspieszeniem procesu wywoływania.[15]

W procesie powstawania obrazu fotograficznego można wyróżnić dwa główne etapy. Pierwszy z nich jest naświetlenie obrazu, a drugim obróbka chemiczna naświetlonej warstwy światłoczułej. Od przebiegu tych procesów zależy ostrość

obrazu fotograficznego. Efekty krawędziowe dla różnie prowadzonych procesów obróbki zostały przedstawione na /rys.1./ Nie istnieje jednoznaczne powiązanie pomiędzy naświetlaniem i ostateczną gęstością optyczną, ponieważ na uzyskaną gęstość optyczną mają wpływ dodatkowe elementy. Skład spektralny światła przy ekspozycji filmu, parametry prowadzenia procesu obróbki i wiele innych czynników, które w różnym stopniu wpływają na naturę obrazu. Szczegóły strukturalne obrazu zależą od rodzaju densytometru użytego do badania obrazu i mają wpływ na wartości w ten sposób uzyskane. Podobnie właściwość struktury obrazu, taka jak uzyskana rozdzielczość, zależy od kontrastu obiektu, warunków ekspozycji filmu, systemu optycznego, jakości spektralnej promieniowania naświetlającego i techniki oceny. Wartości parametrów użytych do wyrażenia różnych właściwości filmu, określonych w warunkach laboratoryjnych, mogą się nieco różnić od wartości pomierzonych w praktycznym zastosowaniu. Niemniej jednak, dane z takich testów laboratoryjnych pozwalają dokonać prawidłowych porównań pomiędzy materiałami podczas wyboru filmów najbardziej odpowiednich do zamierzonego zastosowania. Jeśli zastosowanie wymaga wysokiej jakości systemu fotograficznego, to końcowe testy filmu i innych komponentów muszą być przeprowadzone w warunkach jak najbardziej zbliżonych do oczekiwanych w praktyce. Ponadto, właściwości fotograficzne filmu zmieniają się z czasem, a szybkość tych zmian zależy również od sposobu przechowywania filmu. Szybkość zmian różnych charakterystyk z powodu starzenia może się znacznie różnić dla różnorodnych materiałów fotograficznych.[11-13,20-22].

2.1. Badania sensytometryczne.

Z punktu widzenia technicznego fotografowanie ma na celu zarejestrowanie rozkładu jasności występującej w motywie (obrazie). Najważniejszą funkcją odzwierciedlającą właściwości użytkowe materiałów fotograficznych jest krzywa charakterystyczna, wyrażająca zależność powstałego efektu fotograficznego w funkcji intensywności naświetlenia (ekspozycji) [3,4,11,13].

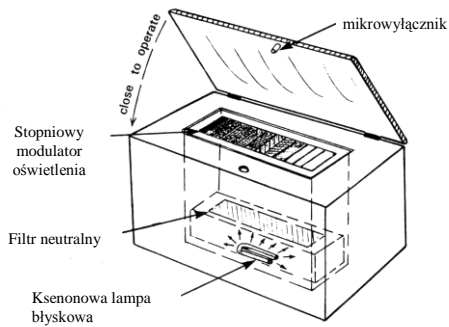
Podstawą badań sensytometrycznych jest stopniowe naświetlenie materiału światłoczułego promieniowaniem o ściśle określonym rozkładzie energii w widmie i przeprowadzania obróbki chemicznej w ściśle określonych warunkach

Badania sensytometryczne halogenosrebrowych materiałów światłoczułych obejmują:

1. Ekspozycję.
2. Obróbkę chemiczną.
3. Pomiary densytometryczne i wykreślanie zależności $D=f/\log H/$.
4. Wyznaczanie podstawowych wielkości sensytometrycznych.

2.1.2. Ekspozycja

Zachodzi pytanie, jak w technice sensytometrycznej zagwarantować powtarzalny rozkład jasności? Do naświetlania materiałów fotograficznych określonymi ilościami energii, zmieniającej się stopniowo lub w sposób ciągły w skali czasowej lub oświetleniowej służy przyrząd zwany sensytometrem [3, 4, 11, 13, 21]



Rys.2.Schemat sensytometru ze źródłem światła typu „flash”[17]

Sensytometr /rys.2./ posiada źródło światła o określonej temperaturze barwowej zbliżonej do światła dziennego oraz 21 stopniowy modulator oświetlenia, który zapewnia ściśle określoną ekspozycję na poszczególnych polach



Rys.3. 21-stopniowy modulator oświetlenia zastosowany w sensytometrze Avisense 2000.

W czasie badań sensytometrycznych zgodnie z zaleceniami ISO ekspozycja materiałów światłoczułych powinna się odbywać bezpośrednio przed ich obróbką. Ekspozowany w sensytometrze materiał światłoczuły nosi nazwę sensytogramu.

2.1.2. Obróbka chemiczna

Obróbkę sensytogramów prowadzi się w procesorze np.VERSAMAT [21, 22], gdzie dla danego składu roztworów obrabiających są ściśle przestrzegane określone reżimy technologiczne głównie ilościowe, temperaturowe i czasowe



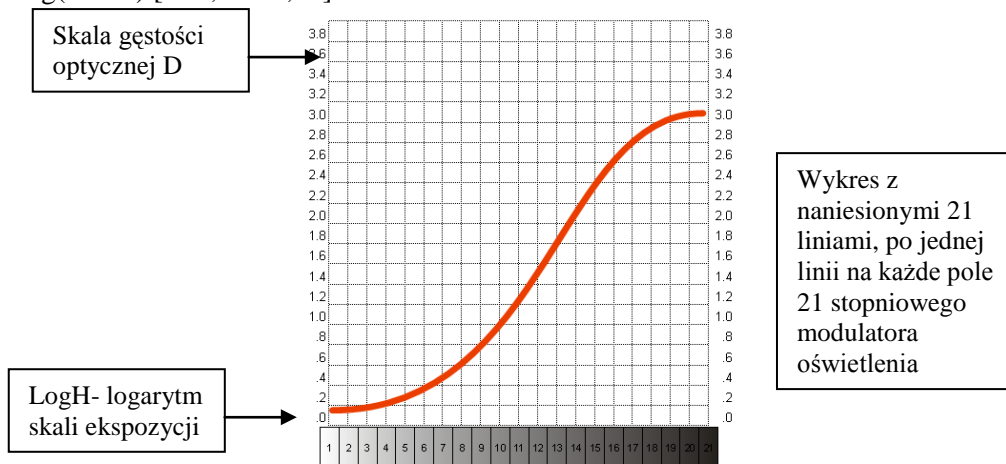
Rys.4. Procesory do obróbki filmów lotniczych. A. PM-32 /rosyjski/ B. VERSAMAT /Kodak/

W badaniach tych zmienną niezależną jest szybkość przewijania filmu określona w ft/min lub m/min. W rzeczywistości jest to czas przebywania filmu w roztworze wywoływacza. W procesorze firmy AGFA Gevatone 66 w badaniach kinetyki podaje się czas przebywania filmu w roztworze wywoływacza.

2.1.3. Pomiary densytometryczne i wykreślanie zależności $D=f/\log/$

Po procesie obróbki z uzyskanego sensytogramu są odczytywane wartości gęstości optycznej przy użyciu *densytometru*.

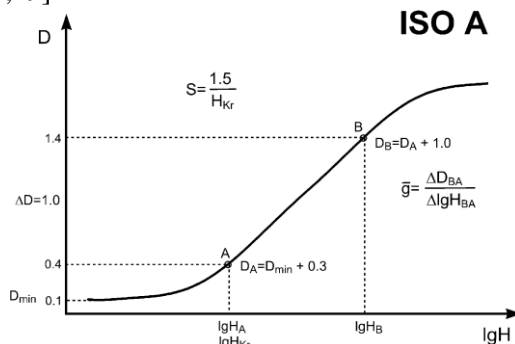
Efekt fotograficzny w postaci powstałego obrazu, jest wyrażany najczęściej jako gęstość optyczna (D), która jest wielkością logarytmiczną, natomiast naświetlenie (ekspozycja) jako logarytm z iloczynu natężenia światła i czasu jego działania: $\text{Log}(H=I*t)$ [1-13,16-19,22].



Rys.5. Graficzne wyznaczenie zależności $D=f/\log H/$

2.1.4. Wyznaczanie podstawowych wielkości sensytometrycznych

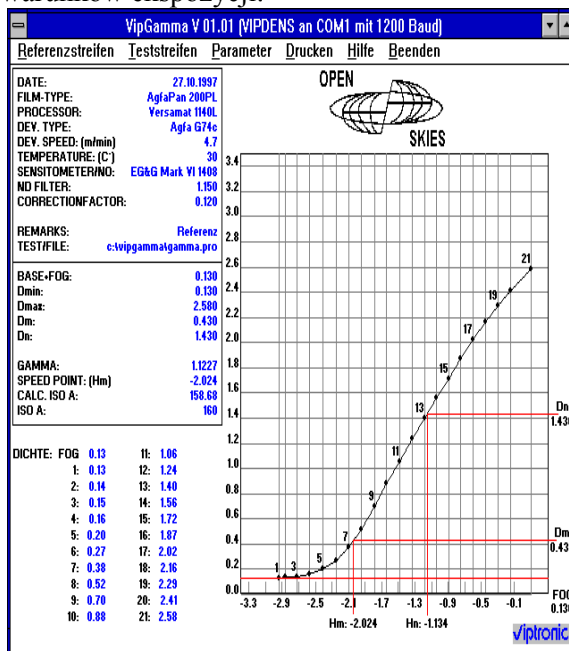
Uzyskane rezultaty są przedstawiane w postaci krzywej charakterystycznej $D = f/\log H/$ i służą do wyznaczania podstawowych wielkości sensytometrycznych / światłoczułości S , gradientu średniego, zadymienia, gęstości optycznej minimalnej i maksymalnej [5-9,18,19]



Rys.6. Wyznaczanie podstawowych wielkości sensytometrycznych wg normy ISOA

Norma ISOA 7829 [19] określa sposób wyznaczania podstawowych wielkości sensytometrycznych lotniczych materiałów światłoczułych /rys. 6/, a to umożliwia dobór filmu do planowanej misji fotolotniczej.

Protokół z badań sensytometrycznych najczęściej przedstawia się w postaci arkusza [21,22] zawierającego wykres zależności $D=f/\log H/$ z wyznaczonymi podstawowymi wielkościami sensytometrycznymi oraz dane dotyczące filmu /typ filmu, numer emulsji/, obróbki /data, procesor, rodzaj wywoływacza, temperatura, czas wywołania/ i warunków ekspozycji.



Rys.7. Protokół z wynikami badań sensytometrycznych.

Określając czułości i średni gradient filmu wg normy ISO należy podać w/w dane albowiem ten sam film może mieć różną czułość i kontrast ze względu na użyty proces obróbki, różne procesory, odczynniki itd. Protokół winien być wykonany dla każdego typu i numeru emulsji przed lotem na fotografowanie.

Protokół jest dokumentem przekazywanym załodze wykonującej fotografowanie. Na jego podstawie załoga dokonuje doboru parametrów ekspozycji w zależności od wysokości lotu, warunków atmosferycznych i rodzaju fotografowanego obiektu. Szczegółowe dane dotyczące doboru ekspozycji filmu w czasie wykonywania misji fotogrametrycznej zostały przedstawione [21, 22]

2.2. Kontrola procesu obróbki fotochemicznej ekspozowanych filmów lotniczych.

Film ekspozowany powinien być jak najszybciej dostarczony do fotolaboratorium celem przeprowadzenia jego obróbki.

W fotolaboratorium na podstawie „Karty pracy fotolotniczej”, raportu „Określenie warunków ekspozycji” oraz protokołu z badań sensytometrycznych dla danego typu filmu i numeru emulsji ustala się reżymy technologiczne obróbki filmu.[20]

Sprawdzenie przygotowania procesora do obróbki należy określić na podstawie badań densytometrycznych próbki pobranej z nieeksponowanej części rolki materiału światłoczułego przeznaczonego do obróbki. Ekspozycję próbki pobranego materiału, obróbkę, a następnie wyznaczenie podstawowych wielkości densytometrycznych wykonuje się zgodnie z danymi podanymi powyżej [20].

W przypadku odchyłek gradientu średniego maksymalnie do 20% wartości istnieje możliwość skorygowania tego parametru szybkością obróbki.

Każda nowa próba związana z doбором parametrów obróbki odbywa się przy pełnej kontroli densytometrycznej.

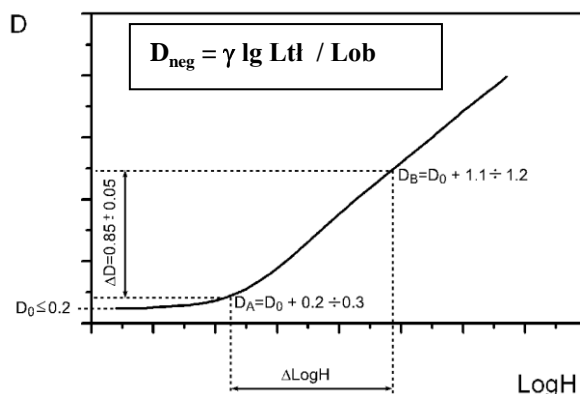
Kontrolę densytometryczną prawidłowości obróbki filmu na całej jego długości, a więc utrzymywania założonych reżimów technologicznych przez cały czas obróbki danej rolki filmu przeprowadza się wkopiowując na końcu filmu 21-stopniowy klin densytometryczny.

Odchyłki w parametrach densytometrycznych na początku i na końcu procesu najczęściej są związane z niewłaściwym uzupełnianiem roztworu wywoływacza w czasie realizacji procesu obróbki.

Kontrola densytometryczna prowadzona zgodnie z podaną powyżej metodyką pozwala na uzyskanie „optymalnego negatywu” w danych warunkach.

„Idealny” czarno-biały negatyw do zdjęć lotniczych dla typowego terenu powinien charakteryzować się następującym rozkładem gęstości optycznej:

- gęstość zadymienia: $D_0 \leq 0.2$
- minimalna użyteczna gęstość optyczna (w cieniach) $D_A = D_0 + 0.2 \div 0.3$
- maksymalna użyteczna gęstość optyczna (w światłach) $D_B = D_0 + 1.1 \div 1.2$
- kontrast fotograficzny $\Delta D = D_B - D_A = 0.8 \div 0.9$
- Dla lepszego zrozumienia wspomniane gęstości optyczne zaznaczano na krzywej charakterystycznej (rys.8.).



Rys. 8. Rozkład gęstości optycznej „idealnego” czarno-białego negatywu do zdjęć lotniczych [21].

Na podstawie pomiarów densytometrycznych uzyskanego negatywu dokonuje się oceny jego jakości fotograficznej.

Kiedy jakość uzyskanych obrazów jest niezadowolająca najczęściej powstaje konflikt między zespołem wykonującym fotografowanie, a zespołem wykonującym obróbkę. Powstaje pytanie, kto zawinił?.

Powtarzalne wyniki badań sensorymetrycznych przedstawione w postaci protokółów wstępnej i końcowej kontroli sensorymetrycznej czarno – białych lotniczych materiałów światłoczułych potwierdzają prawidłowość przebiegu procesu obróbki, a to potwierdza prawidłowość pracy zespołu fotolaboratorium.

2.3. Komputerowy program do wyznaczenie podstawowych wielkości sensorymetrycznych i sporządzanie protokółów w ramach misji OPEN SKIES.

W misjach OS podstawowym nośnikiem informacji obrazowej jest film. Do pozyskiwania fotograficznej informacji obrazowej stosowane są różnego typu filmy lotnicze. Obecnie stosuje się następujące typy filmów KODAK SO-050,3404 i 3412, AGFA PAN-200, 80 i 400, rosyjskie TYP 42L i 38, ukraiński TYP42 i czeski FOMA AIR 200.[22, 25]

Filmy te są zróżnicowane pod względem światłoczułości i kontrastu. Do oceny jakościowej lotniczych materiałów światłoczułych zarówno na etapie homologacji samolotu jak i w czasie realizacji misji prowadzone są badania sensorymetryczne.

Celem uproszczenia pozyskiwania danych z badań do wyznaczenia podstawowych wielkości sensorymetrycznych /światłoczułości wg ISO i GOST, gradientu średniego, kontrastu/ zostały opracowane przez poszczególne państwa strony własne programy komputerowe.[18, 19, 23]

Brak jest jednak bazy danych, która umożliwiłaby porównanie wyników obróbki filmów stosowanych w misjach OPEN SKIES w dowolnych procesorach i roztworach oraz korelacji między nimi.

Strona polska wychodząc naprzeciw tym wymaganiom wykonała następujące przedsięwzięcia.

1. Opracowała ogólnie dostępny program komputerowy umożliwiający w sposób prosty wprowadzanie danych i wyznaczenie podstawowych wielkości sensorymetrycznych zgodnie z Traktatem OPEN SKIES [23].
2. Przeprowadziła badania sensorymetryczne i rezolwometryczne lotniczych materiałów światłoczułych stosowanych w misjach OPEN SKIES poddanych obróbce w roztworach oraz procesorach o różnych reżimach pracy. /PM-32, VERSAMAT i GEVATONE /
3. Założyła sensorymetryczne bazy danych dla filmów stosowanych w misjach OPEN SKIES uwzględniające sposób prowadzenia ich obróbki.
4. Opracowała komputerowe programy umożliwiające zarządzaniem uzyskaną bazą danych.

Na zorganizowanych workshopach w gronie ekspertów ustalono metodyki badań sensorymetrycznych filmów i przeprowadzono badania umożliwiające założenie baz danych oraz poddano weryfikacji opracowane programy komputerowe.

Wyniki badań zostaną przedstawione na spotkaniu ekspertów, które planujemy zorganizować w Polsce w grudniu br [25]

Opracowany w WAT program sensorymetryczny wraz z bazą danych i programem umożliwiającym zarządzanie bazą może być wykorzystany w pracach fotolotniczych prowadzonych w kraju.

3. Kontrola struktury obrazu fotograficznego.

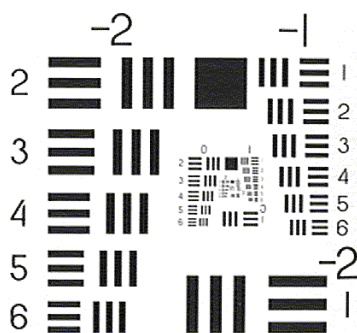
W fotografii stosowanej do celów fotogrametrycznych szczególne znaczenie ma jakość struktury obrazu, odpowiedzialna za rejestrację drobnych szczegółów. Przy ocenie fotograficznej obrazów niedostateczna jest tylko sensytometryczna charakterystyka otrzymanych materiałów fotograficznych. Potrzebne są również dane dodatkowe o strukturze wywołanego obrazu i fotograficznym odtwarzaniu tonów fotografowanego obiektu.

Wywołany czarno-biały obraz fotograficzny składa się ze zbioru cząstek srebra zawieszonych w żelatynie. Rozmiar i rozkład tych cząstek, razem z grubością warstwy emulsji, w dużym stopniu determinują właściwości struktury obrazu danego filmu.

Zadaniem materiałów światłoczułych, przeznaczonych do optycznego zapisu informacji obrazowej, jest możliwie wierne i dokładne rejestrowanie rzutowanych na nie obrazów optycznych. Wymóg ten zyskuje na znaczeniu w przypadku tradycyjnych materiałów fotograficznych, na których sporządza się obrazy przeznaczone do powiększania lub przetwarzania elektronicznego. Ze względu na ziarnistą strukturę heterogenicznych nośników informacji obrazowej i charakterystyczne dla nich rozpraszanie światła, następuje w tych warstwach pogorszenie jakości obrazu w stosunku do jakości rzutowanych na warstwę obrazów optycznych. Zjawisko to jest niepożądane i stanowi istotny czynnik obniżający pojemność informacyjną wszystkich rodzajów nośników informacji obrazowej.

3.1. Kontrola rezolwometryczna

Najczęściej do określania własności rezolwometrycznych obiektywów i materiałów światłoczułych stosuje się termin zdolność rozdzielcza, który wyraża możliwość do odtwarzania szczegółów podanych w ilości par linii na milimetr. Przykładowy test do wyznaczania zdolności rozdzielczej obiektywów i materiałów światłoczułych stosowany w USA.



Rys.9. Test do badania zdolności rozdzielczej USAF 1951.

Rozdzielczość zależy od wielkości naświetlenia i od widmowego składu światła, którym naświetlono materiał światłoczuły, od wielkości kontrastu obiektu i tła, od warunków wywoływania, od warunków przechowywania eksponowanego materiału światłoczułego, nie jest więc wielkością stałą dla badanego materiału. Jeśli jednak warunki te zostaną ustalone, to otrzymana rozdzielczość wyznaczona w

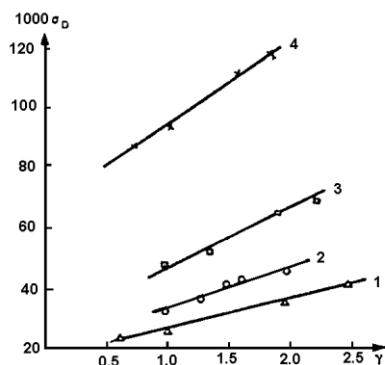
warunkach laboratoryjnych może służyć jako charakterystyka materiału światłoczułego i obiektywu nazywa się zdolnością rozdzielczą.

Prowadzenie badań rezolwometrycznych jest niezbędne na etapie doboru technologii obróbki do danego materiału światłoczułego. Do ekspozycji testu na materiale światłoczułym niezbędny jest rezolwometr. Dane odnośnie budowy rezolwometru oraz metodyki wykonywania pomiarów oraz rezultaty badań filmów lotnicznych przedstawiono w [15, 16, 22, 23].

3.2. Ziarnistość obrazu fotograficznego.

Ziarnistość jest zjawiskiem niepożądanym w praktyce fotograficznej i szuka się sposobów zmniejszenia jej wpływu na oglądane obrazy fotograficzne. Jednak całkowite wyeliminowanie ziarnistości jest niemożliwe. Jest to jedna z właściwości, którą charakteryzują się halogenosrebrowe warstwy światłoczułe.[1, 2]

Przyczyną powstawania ziarnistości optycznej jest nieciągła struktura warstwy fotograficznej, która składa się z kryształów halogenku srebra zawieszonych w żelatynie, a po naświetleniu i wywołaniu z ziaren srebra. Im większe są kryształy halogenku srebra tym materiał jest bardziej czuły, ale zwiększają się również wymiary wywołanych ziaren. rys10.



Rys.10. Zależność ziarnistości od współczynnika kontrastowości dla błon fotograficznych o światłoczułości: 1) ISO 100/21°, 2) ISO 400/27°, 3) ISO 800/30°, 4) ISO 2500/35° [15].

Zwiększenie światłoczułości wiąże się więc nierozdzielnie ze zwiększeniem niejednorodności warstwy. Opanowanie technologii produkowania materiałów o wysokiej czułości i małej ziarnistości jest dążeniem przemysłu fotochemicznego. Kierunkiem badań właściwości użytkowych nośników fotograficznej informacji obrazowej są pomiary natężenia „szumów”, które towarzyszą procesowi zapisu i optycznego przetwarzania obrazów. Zjawisko to wiąże się z heterogeniczną budową materiałów światłoczułych, których użycie do optycznej rejestracji obrazów, w konsekwencji prowadzi do niejednorodnej natury powstałego obrazu wykazującego ziarnistość strukturalną. Najczęściej stosowanym sposobem wyrażania stopnia niejednorodności obrazów, określanej jako ziarnistość optyczna, jest pomiar wartości odchylenia standardowego (*RMS*, ang. *Root Mean Square*), które wyznacza się z fluktuacji gęstości optycznej (lub fluktuacji transmitancji optycznej) równomiernie

napromieniowanej i równomiernie wywołanej warstwy obrazowej. Wielkość tę najczęściej wyznacza się metodą mikrodensytometrycznego skanowania, a ze względu na szerokie rozpowszechnienie tej metody, jest ona chętnie stosowana zarówno w kontroli jakości produktów w zakładach przemysłowych jak i w laboratoriach naukowo-badawczych.

Ziarnistość jest zauważalna już przy nieznacznych powiększeniach, które nie są wystarczające do uwidocznienia poszczególnych ziaren srebra. Istnieje oczywiście związek pomiędzy wielkością ziaren i ziarnistością, ale nie jest to zależność bezpośrednia. Na powstawanie wrażenia ziarnistości mają wpływ również inne czynniki takie jak gęstość optyczna i kontrastowość obrazu fotograficznego.

Przy wyborze filmu lotniczego do zaplanowanej misji należy oprócz doboru parametrów sensytometrycznych dokonać oceny ziarnistości. Filmy o niższej światłoczułości mają mniejszą ziarnistość. Wywoływacze drobnoziarniste zapewniają w procesie obróbki drobniejsze ziarno, ale film traci na czułości i zawsze przedłuża się czas wywoływania.

Ogólnie do prac fotolotniczych zaleca się filmy o jak najmniejszej ziarnistości, z ekspozycją jak najkrótsza, obróbkę prowadzić w roztworach zalecanych przez producenta, przy czym temperatura obróbki jak najniższa, a czas jak najkrótszy. W kraju do prac fotolotniczych stosuje się głównie film AGFA PAN 200. Wydaje się być celowe stosowanie filmu PAN 80 ze względu na niską ziarnistość.

4. Wnioski

Celem poprawy jakości wykonanych zdjęć w misjach fotogrametrycznych dla potrzeb wykonania ortofotomapy niezbędne jest prowadzenie kontroli na wszystkich etapach jej wykonawstwa. Autorzy zalecają wprowadzenie kontroli tj. sensytometrycznej rezolwometrycznej, geometrycznej oraz fotogrametrycznej. Wydaje się konieczne rozszerzenie badań o loty nad celami kalibracyjnymi [16, 17, 21], które dostarczą danych o pracy sensorów w warunkach wykonywania zadań fotolotniczych.

5. Literatura.

1. T. H. James, *The Theory of the Photographic Process*, Macmillan Publishing Co., Inc. Fourth Edition, New York 1977
2. Romer, *Teoria procesu fotograficznego*, PWN Warszawa 1956
3. A. Ziemow, *Fotograficzeskaja sensitometria*, Moskwa, Iskustwo 1980
4. Yu. N. Gorokhovskii, T. M. Levenberg, *General Sensitometry*, The Focal Press London and New York 1965
5. Polska Norma PN-89 C-99465 (wszystkie arkusze)
6. Polska Norma PN-85 C-99464 (wszystkie arkusze)
7. Polska Norma PN-75 C-99463 (wszystkie arkusze)
8. Polska Norma PN-72 C-99454 (wszystkie arkusze)
9. Polska Norma PN-64 C-99150 (wszystkie arkusze)
10. Haist, *Modern Photographic Processing*, John Wiley and Sons, New York 1979
11. Iliński, *Materiały i procesy fotograficzne*, WAiF, Warszawa 1989
12. D. Solf, *Fotografla. Podstawy, technika, praktyka*, WAiF, Warszawa 1980

13. Teicher, *Fototechnika*, WNT, Warszawa 1982
14. Instrukcja prowadzenia kontroli wybranych procesów fotograficznych firmy Kodak, praca pod redakcją A. Polaka, FOTO-WORLD Sp. z o.o., Warszawa 1996
15. B. RAJKOWSKI. Badania zjawisk krawędziowych, jako czynników kształtujących ostrość konturową w halogenosrebrowych nośnikach informacji obrazowej. Instytut Chemii Fizycznej i Teoretycznej Politechniki Wrocławskiej. Wrocław. 2001.
16. G.C. BROCK. Image evaluation for aerial photography. The Focal Press London and New York. 1970.
17. W. Warner, R. Graham, R. Read., Small Format Aerial Photography. Society American for Photogrammetry and Remote Sensing. Malta 1997.
18. ГОСТ (ГОСТ 10691.5 - 88. Аэрофотоплёнки черно-белые. Метод определения чисел светочувствительности и ГОСТ 10691.0 - 84 Черно-белая аэрофотоплёнка.
19. ISO 7829 (1986 - 08 - 15); FOTOGRAFIA- Czarnobiałe materiały światłoczułe do fotografii lotniczej. Określanie światłoczułości ISOA i gradientu średniego, ISO-7829-1986(E))
20. Z. Kurczyński. Zasady wykonywania prac fotolotniczych. GUGiK. Warszawa. 1999.
21. W. Dębski. Koncepcja technologii nadzoru i kontroli procesu wykonywania zdjęć fotogrametrycznych. GUGiK. Warszawa 2002.
22. W. Dębski Charakterystyki, dobór i obróbka halogenosrebrowych materiałów światłoczułych stosowanych w misjach OPEN SKIES. WAT Warszawa 2002.
23. W. Dębski, L. Latacz, J. Jasiński, B. Rajkowski, R. Żukowicz. Program komputerowy do analizy sensytemetrycznej lotniczych materiałów światłoczułych. WAT, Warszawa. 2002.
24. John Brandes, Agfa Corporation Further Developments of Film Emulsions. Fotogrametric FOTOWEEK. Stuttgart 2003.
25. W. Dębski, A. Klewski, P. Walczykowski M. Zyznowski "Poland-S Experience In Acquiring Remote Sensing Data Within The Open Skies International Treaty". "PS WG II/1 Real Time Mapping Technologies". Kongres Fotogrametrii i Teledetekcji. Sztambuł. 2004.

Recenzował: dr inż. Zdzisław Kurczyński