



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Grażyna Dobrzyńska-Klepacz

Stosowanie elektronicznych metod rejestracji, przetwarzania i wizualizacji obrazu 313[01].Z2.01

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2007**

Recenzenci:

mgr Andrzej Zbigniew Leszczyński
dr hab. inż. Piotr Nowak

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Grażyna Dobrzyńska-Klepacz

Konsultacja:

mgr Zdzisław Sawaniewicz

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki 313[01].Z2.01 Stosowanie elektronicznych metod rejestracji, przetwarzania i wizualizacji obrazu zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu fototechnik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Systemy i techniki rejestracji obrazów optycznych	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	9
4.1.3. Ćwiczenia	9
4.1.4. Sprawdzian postępów	11
4.2. Podstawy teorii informacji. Binarny zapis informacji obrazowej	12
4.2.1. Materiał nauczania	12
4.2.2. Pytania sprawdzające	14
4.2.3. Ćwiczenia	15
4.2.4. Sprawdzian postępów	16
4.3. Rodzaje detektorów obrazu	17
4.3.1. Materiał nauczania	17
4.3.2. Pytania sprawdzające	18
4.3.3. Ćwiczenia	19
4.3.4. Sprawdzian postępów	20
4.4. Parametry obrazu cyfrowego	21
4.4.1. Materiał nauczania	21
4.4.2. Pytania sprawdzające	27
4.4.3. Ćwiczenia	27
4.4.4. Sprawdzian postępów	30
4.5. Sposoby wizualizacji obrazów cyfrowych	31
4.5.1. Materiał nauczania	31
4.5.2. Pytania sprawdzające	35
4.5.3. Ćwiczenia	35
4.5.4. Sprawdzian postępów	37
5. Sprawdzian osiągnięć	38
6. Literatura	43

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy związanej z elektronicznymi metodami rejestracji, przetwarzania i wizualizacji obrazu, teorią informacji powiązaną z binarnym zapisem obrazu cyfrowego zarejestrowanego przez różne detektory obrazu oraz parametrami decydującymi o jakości obrazu cyfrowego.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne, czyli wykaz niezbędnych umiejętności i wiedzy, które powinieneś mieć opanowane, aby przystąpić do realizacji tej jednostki modułowej,
- cele kształcenia tej jednostki modułowej,
- materiał nauczania (rozdział 4), który umożliwi samodzielne przygotowanie się do wykonania ćwiczeń i zaliczenia sprawdzianów,
- ćwiczenia, które zawierają:
 - treść ćwiczeń,
 - sposób ich wykonania,
 - wykaz materiałów i sprzętu potrzebnego do realizacji ćwiczenia.

Przed przystąpieniem do wykonania każdego ćwiczenia powinieneś:

- przeczytać materiał nauczania z poradnika dla ucznia i poszerzyć wiadomości z literatury zawodowej dotyczącej stosowania elektronicznych metod rejestracji, przetwarzania i wizualizacji obrazu,
- zapoznać się z instrukcją bezpieczeństwa, regulaminem pracy na stanowisku oraz ze sposobem wykonania ćwiczenia.

Po wykonaniu ćwiczenia powinieneś:

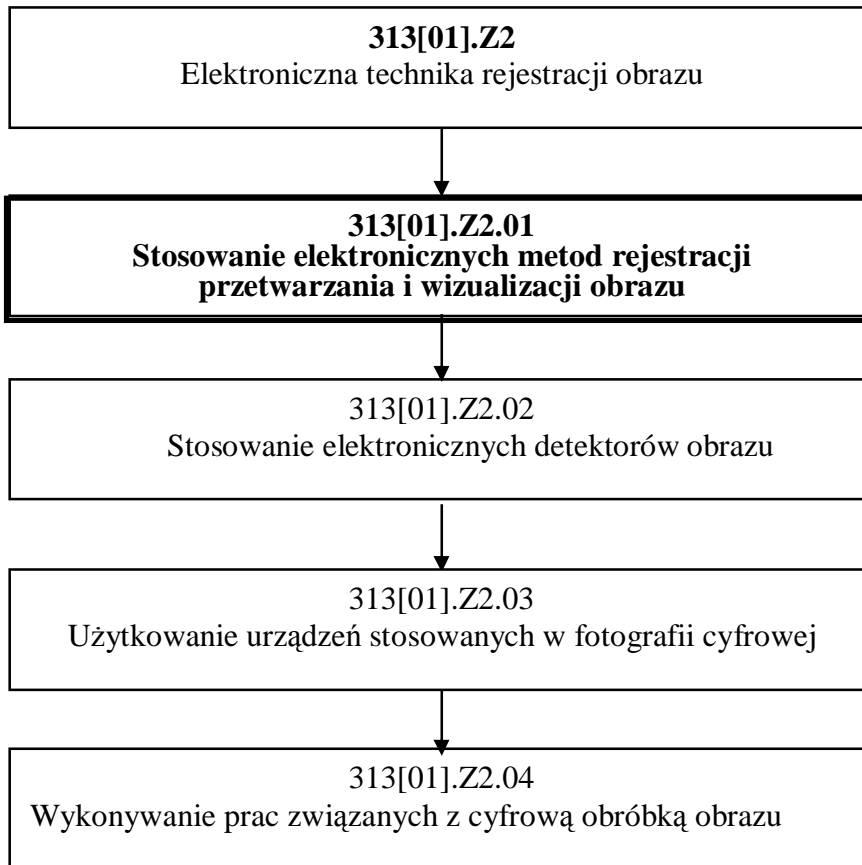
- uporządkować stanowisko pracy po realizacji ćwiczenia,
- dołączyć pracę do teczki z pracami realizowanymi w ramach tej jednostki modułowej,
- sprawdzian postępów, który umożliwi Ci sprawdzenie opanowania zakresu materiału po zrealizowaniu każdego podrozdziału - wykonując sprawdzian postępów powinieneś odpowiadać na pytanie tak lub nie, co oznacza, że opanowałeś materiał albo nie,
- sprawdzian osiągnięć, czyli zestaw zadań testowych sprawdzających Twoje opanowanie wiedzy i umiejętności z zakresu całej jednostki. Zaliczenie tego ćwiczenia jest dowodem osiągnięcia umiejętności praktycznych określonych w tej jednostce modułowej,
- wykaz literatury oraz inne źródła informacji, z jakiej możesz korzystać podczas nauki do poszerzenia wiedzy.

Jeżeli masz trudności ze zrozumieniem tematu lub ćwiczenia, to poproś nauczyciela o wyjaśnienie i ewentualne sprawdzenie, czy dobrze wykonujesz daną czynność. Po opracowaniu materiału spróbuj rozwiązać sprawdzian z zakresu jednostki modułowej.

Bezpieczeństwo i higiena pracy

Wykonując ćwiczenia praktyczne na stanowisku roboczym zwróć uwagę na przestrzeganie regulaminów, zachowanie przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz instrukcji przeciwpożarowych wynikających z prowadzonych prac. Powinieneś dbać o ochronę środowiska naturalnego. Jeśli będziesz posługiwać się urządzeniami znajdującymi się pod napięciem stosuj się skrupulatnie do wszystkich zaleceń nauczyciela.

Jednostka modułowa: Stosowanie elektronicznych metod rejestracji, przetwarzania i wizualizacji obrazu, której treści teraz poznasz jest jednostką wprowadzającą do zagadnień obejmujących zajęcia z modułu Elektroniczna technika rejestracji obrazu 313[01].Z2. Głównym celem tej jednostki jest przygotowanie Ciebie do wykonywania prac związanych z określeniem metody rejestracji informacji obrazowej w kontekście doboru parametrów obrazu cyfrowego do przeznaczenia pliku graficznego.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- korzystać z różnych źródeł informacji zawodowej,
- posługiwać się sprzętem fototechnicznym i audiowizualnym,
- posługiwać się terminologią z zakresu fototechniki,
- wyjaśniać procesy zapisu informacji obrazowej,
- określać właściwości promieniowania tworzącego informację obrazową,
- wyjaśniać mechanizmy widzenia i postrzegania barw,
- określać warunki oświetleniowe,
- wykonywać prace fotograficzne z wykorzystaniem sprzętu oraz materiałów światłoczułych,
- dobierać metody rejestracji oraz materiały światłoczułe,
- wykonywać podstawowe czynności związane z rejestracją obrazu,
- przestrzegać przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy,
- stosować zasady bezpiecznej pracy,
- stosować procedury udzielania pierwszej pomocy osobom poszkodowanym,
- postępować zgodnie z instrukcją przeciwpożarową w przypadku zagrożenia pożarowego,
- stosować zasady ochrony środowiska.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozróżnić techniki rejestracji obrazu,
- dobrać techniki zapisu obrazu w zależności od rodzaju informacji,
- określić metody rejestracji informacji obrazowej,
- sklasyfikować detektory obrazu,
- scharakteryzować hybrydowe metody uzyskiwania fotografii,
- scharakteryzować elektroniczne i hybrydowe metody uzyskiwania obrazu ruchomego,
- określić zasady cyfrowego zapisu i kompresji obrazu,
- określić parametry obrazu cyfrowego,
- dostosować parametry obrazu cyfrowego do przeznaczenia pliku graficznego,
- zastosować zasady cyfrowego przenoszenia obrazu,
- określić sposoby wizualizacji obrazów cyfrowych w różnych technikach rejestracji,
- zastosować przepisy bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwpożarowej.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Systemy i techniki rejestracji obrazów optycznych

4.1.1. Materiał nauczania

Za początek technik rejestracji obrazów uważa się rok 1839, kiedy to fizyk Dominique Francis Arago na posiedzeniu Francuskiej Akademii Nauk ogłosił wynalazek dagerotypii – metody otrzymywania obrazów w camera obscura. Pierwszą trwałą fotografię (heliograf) otrzymał wcześniej w 1822 roku francuski wynalazca Joseph-Nicéphore Niepce, ale ta fotografia zaginęła. Pierwszą zachowaną do dziś fotografię Niepce otrzymał 1826 roku [10].

Zalążki fotografii mają swoje korzenie już w starożytności, kiedy to wykorzystywano „camera obscura” (pudełko z otworem) w malarstwie do wyznaczania perspektywy oraz w astronomii do obserwacji słońca. W 1550 roku Girolamo Cardano uzbudował otwór „camera obscura” w pojedynczą soczewkę skupiającą, tworząc w ten sposób pierwszy obiektyw, a dopiero dwa stulecia później wyposażano „camera obscura” w detektor obrazu. I tak powstał pierwszy system rejestracji obrazu optycznego zwany dziś klasycznym.

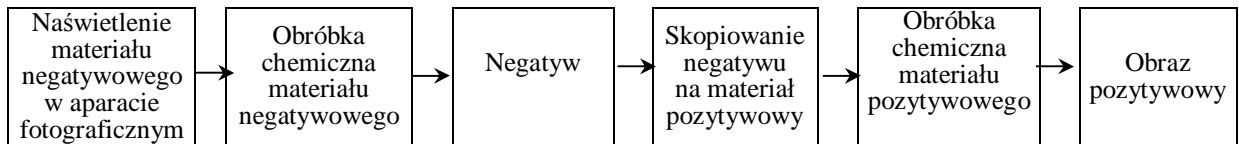
Po roku 1727, kiedy Johann Friedrich Schultze niemiecki lekarz i badacz natury odkrył światłoczułość halogenków srebra i francuski malarz Louis Jacques M. J. M. Daguerre opracował w 1839 roku dagerotypię (czarno-biały proces fotochemiczny oparty na światłoczułości AgI – jodku srebra), rozwój technik obrazowania nabrał tempa:

- 1861 – pierwsze próby z barwną fotografią addytywną,
- 1888 – George Eastmann prezentuje pierwszy aparat fotograficzny na błonę zwojową
- 1925 – pierwsze płyty Agfa do fotografii barwnej,
- 1932 – pierwszy światłomierz fotoelektryczny,
- 1936 – opracowanie systemu Agfacolor,
- 1947 – opracowanie systemu fotografii natychmiastowej Polaroida (na rynku w 1973)
- 1950 – premiera systemu Kodacolor,
- 1969 – wynalezienie matrycy CCD przez Willarda Boyle i George'a E. Smith w Bell Telephone Laboratories (istotą wynalazku była możliwość przesyłania ładunku po powierzchni półprzewodnika),
- lata 80 – inwazja szybkich systemów do obróbki barwnej zdjęć amatorskich (minilaby),
- **1981 – początek ery aparatów cyfrowych** – skonstruowanie przez firmę Sony aparatu Mavica, który rejestrował obraz na płytkach magnetycznych,
- lata 90 – pojawienie się cyfrowych aparatów fotograficznych wykorzystujących czujniki CCD (pierwsze aparaty cyfrowe na rynku: Sony, Fuji-1988, Kodak- 1990; przystawki Rollei i Arca Swiss- 1991, Nikon, Canon),
- 1999 – pierwsze megapikselowe aparaty cyfrowe w cenie poniżej 500 USD,
- 2000 – przekroczenie bariery 2mln pikseli,
- 2001 – aparaty małoobrazkowe z matrycą >4 mln pikseli,
- 2002 – aparaty małoobrazkowe z matrycą 6 mln pikseli.

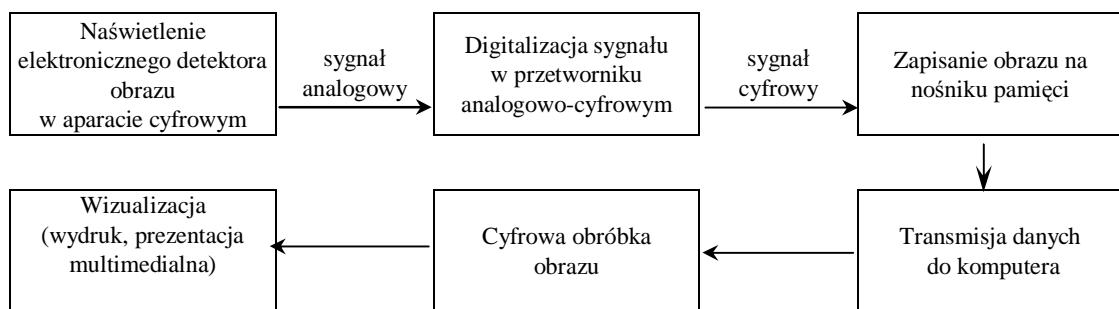
Przez lata system rejestracji obrazów od camera obscura z soczewką i płytką metalową pokrytą halogenkiem srebra rozwijał się w kierunku doskonalenia układu optycznego, detektora obrazu (od klasycznego do elektronicznej matrycy krzemowej) oraz automatyzowania procesu zdjęciowego. W wyniku tych kierunków rozwoju procesu otrzymywania obrazu rozróżniamy trzy podstawowe systemy rejestracji obrazów optycznych: klasyczny (tradycyjny, chemiczny), elektroniczny (cyfrowy) i hybrydowy. Każdy z systemów

charakteryzuje się innym sposobem otrzymywania obrazów, czyli ciągiem następujących po sobie logicznie powiązanych działań prowadzonych z wykorzystaniem różnych materiałów i urządzeń.

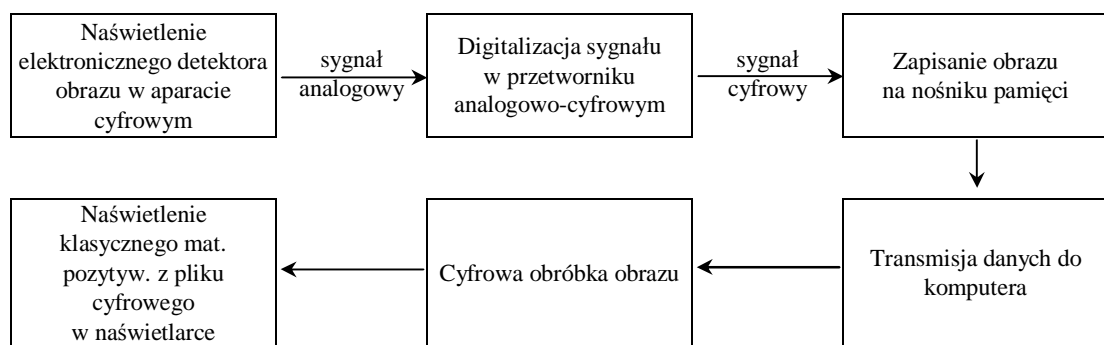
Klasyczny system rejestracji (zwany tradycyjnym lub chemicznym) wykorzystuje halogenosrebrze techniki otrzymywania obrazu fotograficznego. Proces otrzymywania zdjęcia przebiega w następujących etapach:



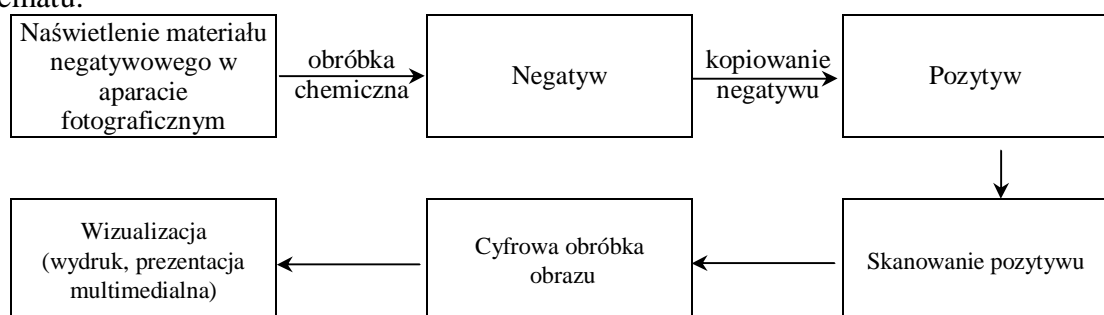
Elektroniczny (cyfrowy) system rejestracji obrazu wykorzystuje cyfrowe techniki obrazowania. Proces otrzymywania obrazu przebiega według schematu:



Hybrydowy system rejestracji obrazu to połączenie systemu klasycznego i elektronicznego. Proces otrzymywania obrazu może przebiegać według różnych schematów w zależności od przeznaczenia i wymaganej jakości obrazu. Punktem wyjścia może być fotografia cyfrowa lub tradycyjna zgodnie z poniższymi schematami. Wychodząc z techniki cyfrowej proces otrzymywania obrazu przebiega następująco:



Wychodząc z techniki tradycyjnej proces otrzymywania obrazu może przebiegać według schematu.



Wyżej przedstawiony hybrydowy proces otrzymywania obrazów często przebiega z pominięciem etapu otrzymywanie pozytywu, a zastosowaniem skanowania negatywu z dalszym przetwarzaniem pliku cyfrowego.

Opracowanie światłoczułych układów elektronicznych dużej rozdzielczości i powstanie pojemnych nośników pamięci oraz obniżenie kosztów produkcji cyfrowych aparatów fotograficznych spowodowało jego rozpowszechnienie. Nie znaczy to jednak, że fotografia cyfrowa już zawładnęła technikami obrazowania.

Komplementarność wykorzystywania technologii chemicznej i elektronicznej w technikach obrazowania (rejestracja hybrydowa) wskazuje na możliwość dalszego istnienia fotografii tradycyjnej.

Badania firmy Kodak przeprowadzone w grupie profesjonalnych fotografów (USA – 2007r.) wskazują, że 75% z nich deklaruje stosowanie materiałów halogenosrebrowych, ponieważ obrazy uzyskiwane na błonach filmowych, w odróżnieniu od cyfrowych zdjęć, mają:

- większą ilość informacji rejestrowanych przy średnich i dużych formatach,
- tradycyjny wygląd,
- większą ilość detali w światłach i cieniach,
- większą rozpiętość tonalną,
- większe możliwości archiwizacji (trwałość obrazów – tabela1) [12].

Tabela 1. Okresy trwałości zapisu informacji na nośnikach [: „Bestandserhaltung in Archiven und Bibliotheken -Zachowanie zbiorów w archiwach i bibliotekach”, wydawca: prof. dr Hartmut Weber]

10-30 lat	Informacje na taśmach i dyskach magnetycznych, dyskietkach, dyskach optycznych
30 lat	Papier recyklingowy
100 lat	Chromogenne błony barwne, mikrofilmy w typu Diano i Vesicular
100-200 lat	Papier ze ścierem (drzewnym), zawierający kwas.
250 lat	Chromogenne błony barwne chłodzone
300 lat	Mikrofilmy z obrazem srebrowym na podłożu trójoctanowym
400 lat	Błony z obrazem barwnym otrzymywane w procesie wybielania barwników (Ciba Silver Dye Bleach lub Ilfochrome)
Kilka stuleci	Papier bezkwasowy „odporny na starzenie”.
1000 lat	Pergamin, mikrofilm z obrazem srebrowym na podłożu poliestrowym.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaką rolę w procesie zdjęciowym pełni detektor obrazu?
2. Jak przebiega elektroniczny proces rejestracji obrazu?
3. Na czym polega hybrydowa rejestracja obrazu?
4. Jak przebiega tradycyjny (chemiczny) proces rejestracji obrazu?
5. Czym się różni hybrydowa i elektroniczna technika rejestracji obrazu?
6. Jakie znasz metody rejestracji informacji obrazowej?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wymień urządzenia niezbędne do uzyskania obrazu pozytywowego w elektronicznym systemie rejestracji obrazu. Zaprojektuj schemat procesu rejestracji obrazu w tym systemie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) wymienić detektory obrazu, materiały, sprzęt i urządzenia niezbędne do uzyskania obrazu pozytywowego w elektronicznym systemie rejestracji,
- 2) przypisać materiały i detektory obrazu do określonego sprzętu i urządzeń,
- 3) zaproponować logiczną kolejność sprzętu i urządzeń we wskazanym systemie rejestracji,
- 4) narysować schemat procesu rejestracji obrazu,
- 5) nazwać proces rejestracji obrazu,
- 6) zaprezentować w formie pisemnej rezultaty realizacji ćwiczenia,
- 7) dołączyć pracę do teczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw materiałów: zdjęciowych, do kopiowania, papierów fotograficzne do wydruku,
- nośniki pamięci,
- prospekty i plansze przedstawiające różne rodzaje lustrzanek: średnioformatowa, małoobrazkowa, cyfrowa, skanerów, drukarek, powiększalniki i kopiarki stykowe,
- komputer z oprogramowaniem do obróbki grafiki rastrowej,
- karta pracy.

Ćwiczenie 2

Przyporządkuj schematom przedstawiającym systemy rejestracji obrazów ich nazwy: rejestracja klasyczna, rejestracja hybrydowa, rejestracja elektroniczna.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się ze schematami przedstawiającymi systemy rejestracji obrazów,
- 2) wybrać schematy, na których występują wymienione w poleceniu systemy rejestracji,
- 3) przyporządkować schematom nazwy systemów rejestracji obrazów,
- 4) zaprezentować w formie pisemnej rezultaty realizacji ćwiczenia,
- 5) dołączyć pracę do teczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plansze ze schematami przedstawiające systemy rejestracji obrazów,
- plansze z opisem detektorów obrazu,
- literatura,
- karta pracy.

Ćwiczenie 3

Porównaj chemiczną i elektroniczną technikę rejestracji obrazu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się z literaturą zawodową dotyczącą technik rejestracji obrazów,
- 2) powtórzyć treści kształcenia,
- 3) wypisać etapy otrzymywania obrazów w obu systemach,
- 4) wypisać cechy obrazów oraz wady i zalety systemów,
- 5) zaprezentować na forum grupy rezultaty ćwiczenia,
- 6) zapisać wnioski,
- 7) dołączyć pracę do teczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura zawodowa,
- komputer z dostępem do Internetu,
- materiały piśmiennicze.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1. wymienić podstawowe systemy rejestracji obrazów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. scharakteryzować chemiczny system rejestracji obrazów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. rozróżnić chemiczne i elektroniczne detektory obrazu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. scharakteryzować elektroniczny system rejestracji obrazów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. scharakteryzować hybrydowy system rejestracji obrazów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. wskazać urządzenia stosowane w różnych systemach rejestracji obrazów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. wskazać detektory i/lub materiały stosowane w różnych systemach rejestracji obrazów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. wskazać datę początku fotografii chemicznej i cyfrowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2. Podstawy teorii informacji. Binarny zapis informacji obrazowej

4.2.1. Materiał nauczania

Teoria informacji określa w sposób matematyczny zapis, przesyłanie i odtwarzanie informacji. Sposób zapisu ukierunkowany jest na pogodzenie dwóch przeciwstawnych celów: zapisywania wiadomości jak najzwężej i chronienia wiadomości przed przekłamaniami (zakłóceniami) podczas transmisji [11].

W naturze spotykamy dwa typy sygnałów: **analogowe** i **dyskretne**. W sygnale analogowym (ciągłym) informacja jest zakodowana w postaci zmian parametru ośrodka (np. dźwięk to zmiana ciśnienia fali akustycznej). Sygnał analogowy podlega zniekształceniu w czasie przesyłu i przetwarzania a informacja staje się niekompletna lub całkowicie bezużyteczna. Sygnał dyskretny jest informacją typu logicznego: prawda lub fałsz, jest (sygnał) lub nie ma, świeci lampka lub nie. Sygnał dyskretny jest odporny na zniekształcenia i dopóki jest odbieralny - informacja jest pełna. Z drugiej strony sygnał dyskretny jest nieciągły co powoduje trudność przekazu takiej informacji o zjawisku zmiennym [8].

Postacią pośrednią między analogowym i dyskretnym jest sygnał **skwantowany** (podzielony). Intensywność sygnału analogowego może być uśredniona w pewnych przedziałach czasu. Przy zachowaniu odpowiedniej rozdzielczości kwantowania przekaz ma charakter nieciągły, ale informacja pozostanie zrozumiała. Porcje (kwanty) informacji można zakodować, używając sygnału dyskretnego. Przykładem może być alfabet Morse'a, gdzie kwantowe z natury znaki pisarskie są zakodowane sekwencjami wartości dyskretnych typu jest - nie ma. Można zrobić to samo z dowolnymi sygnałami skwantowanymi. Trzeba tylko postarać się o odpowiedni kod, umożliwiający wyrażenie dowolnych wartości.

Dyskretyzacja i kwantowanie sygnału

Obrazem wejściowym w systemach rejestracji, przetwarzania i wizualizacji obrazów jest obraz optyczny uzyskany najczęściej w wyniku odbicia światła od obiektu lub jego przejścia przez obiekt. Pierwszym etapem rejestracji/wprowadzania obrazu do cyfrowego urządzenia jest zamiana obrazu optycznego na jego postać elektryczną. Dokonuje się tego za pomocą przetwornika obrazowego optyczno-elektrycznego w odróżnieniu od elektryczno-optycznego przy wizualizacji obrazu [13, s. 474].

W maszynie cyfrowej wszystkie informacje są kodowane w postaci liczb. Dla wprowadzenia obrazu do elektronicznego urządzenia cyfrowego trzeba zakodować go w postaci sygnału elektrycznego a następnie przekodować w zestaw liczb, czyli nadać mu postać cyfrową. Aby tego dokonać należy wprowadzić operacje dyskretyzacji i kwantowania obrazu.

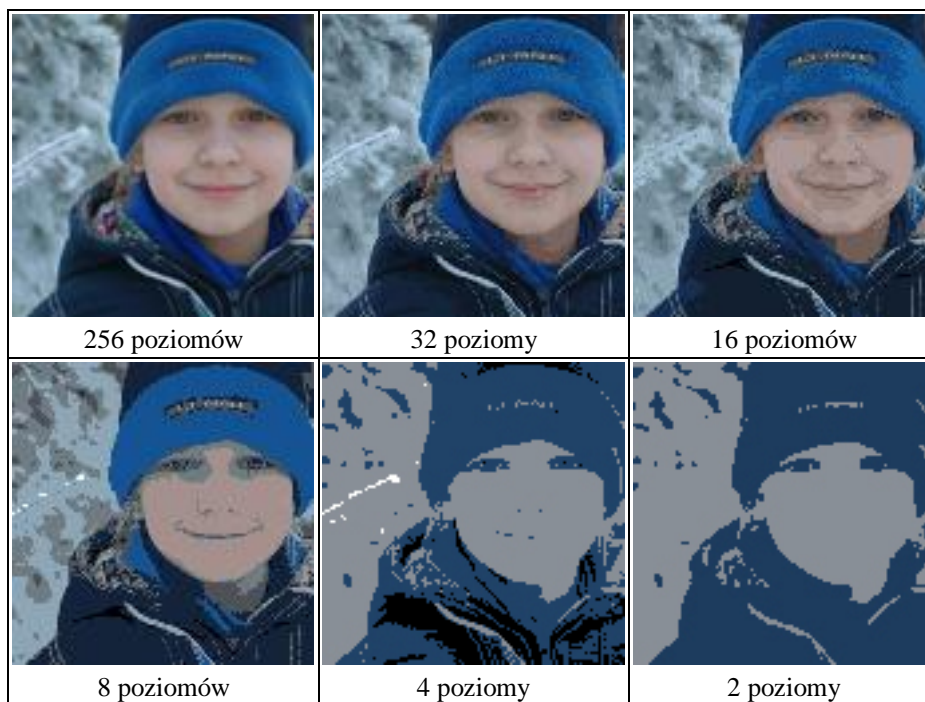
Dyskretyzacja polega na podziale całego obrazu na małe, jednakowej wielkości, regularnie rozmieszczone fragmenty. Przyjmowane są one za podstawowe elementy obrazu zwane pikselami. W ten sposób obraz ciągły zostaje zamieniony na macierz elementów obrazu - liczb. Jeśli liczba fragmentów obrazu będzie dostatecznie duża a fragmenty małe tzn. gdy obraz będzie dostatecznie gęsto próbkowany, to dyskretyzacja obrazu nie spowoduje utraty informacji (fot.1). W takim przypadku na podstawie obrazu zdyskretyzowanego będzie można odtworzyć zniekształcony obraz pierwotny [13, s. 479].



Fot. 1. Przykłady dyskretyzacji obrazów z różną gęstością segmentów

Kwantowanie polega na zastąpieniu ciągłego przedziału liczbowego, odpowiadającego wartościom lumianancji (jasności) punktów nieskwantowanego obrazu od bieli do czerni skończonym zbiorem wartości z tego przedziału. Ciągłą wartość jasności każdego fragmentu obrazu zastępuje się wartością najbliższego poziomu kwantyzacji, a w praktyce kolejnym numerem tego poziomu [13, s. 481].

Ilość skwantowanych poziomów jasności jest potęgą liczby dwa – stosujemy od 16 do 256 poziomów kwantyzacji. Dla zakodowania numeru poziomu jasności potrzeba wtedy od 4 do 8 bitów.



Fot. 2. Przykłady kwantowania obrazu z różną liczbą poziomów kwantowania

Im większa jest liczba poziomów kwantowania tym lepsze jest przybliżenie obrazu (fot. 2) ale rośnie ilość pamięci jaką zajmuje. Łatwo dostrzegamy efekt kwantyzacji jeszcze przy 32 poziomach jasności. Powyżej tej wartości różnice są coraz mniej zauważalne. W niektórych prostych obrazach występują tylko dwie wartości jasności punktów np. czarny i biały lub dwie jasności o barwach najlepiej przybliżających oryginał.

Binarny zapis informacji

Na co dzień liczby wyrażamy w kodzie pozycyjnym dziesiętnym: dziesięć jednostek niższych tworzy jednostkę wyższą, notowaną na wyższej pozycji. Maksymalne wartości na kolejnych pozycjach są kolejnymi potęgami dziesiątki: 10^0 , 10^1 , 10^2 ... znaków notacyjnych, czyli cyfr, też jest dziesięć: od 0 do 9.

Binarny sposób zapisu informacji związany jest z tym, że komputer jako urządzenie elektroniczne może rozpoznać dwa stany prądowe: 0 – niskie napięcie (lub jego brak), 1 – wysokie napięcie. Dlatego w systemach komputerowych do wyrażenia liczb przy użyciu dwóch stanów dyskretnych/logicznych (0 – nie ma, 1 – jest) stosuje się **kod binarny**. Wagi kolejnych pozycji są kolejnymi potęgami dwójki: $2^0, 2^1, 2^2, 2^3, 2^4$, o wadze 1, 2, 4, 8, 16, i tak dalej. Poszczególne pozycje, wyrażane za pomocą tylko dwóch cyfr 0 i 1, nazywane bitami (od *binary digit* – cyfra dwójkowa) np.: liczba dziesiętna 41 jest zapisana w kodzie binarnym jako 100101, ponieważ:

Tabela 2 Przykład wyrażenia liczby dziesiętnej w kodzie binarnym

Kolejne potęgi liczby dwa	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Wagi bitów:	128	64	32	16	8	4	2	1
41 w kodzie binarnym= 00101001	0	0	1	0	1	0	0	1
Uwzględniamy występowanie stanów logicznych true=1 stąd 41=	---	---	32+	---	8+	---	---	1
255 w kodzie binarnym= 11111111	1	1	1	1	1	1	1	1
Uwzględniamy występowanie stanów logicznych true=1 stąd 255=	128+	64+	32+	16+	8+	4+	2+	1

Taki zapis nazywamy kodem dwójkowym/binarnym naturalnym. Dla odróżnienia od liczb dziesiętnych liczby dwójkowe ujmuje się w nawias z indeksem 2 (00101001₂).

Do transmisji wielkości i kodów binarnych używa się prądu elektrycznego i fal elektromagnetycznych – świetlnych i radiowych. Sygnały dwójkowe mogą być przesyłane szeregowo lub równolegle. Transmisja szeregowo, polega na przesyłaniu bitów po kolei przez jeden kanał (przewód). Transmisja łączem równoległym jest szybsza, ale nieekonomiczna, ponieważ wymaga tylu kanałów, ile bitów ma liczba lub kod. Stosuje się ją zatem tylko w transmisji przewodowej i na małe odległości [8].

Bit – najmniejsza ilość/jednostka informacji jaką przetwarza komputer. Jest to jednostka logiczna przyjmująca dwie wartości „1” (dla prawdy/jest sygnał) lub „0” (dla fałszu/nie ma sygnału). Bit jako jednostkę informacji zapisujemy w skrócie „1b”.

Bajt – jest to najmniejsza jednostka pojemności pamięci komputerowej.
1 bajt (B) = 8 bitów (b)

Jednostki na oznaczenie wielokrotności bajtu to:

- 1 KB = 1024 B (KB - kilobajt)
- 1 MB = 1024 KB (MB - megabajt)
- 1 GB = 1024 MB (GB - gigabajt)
- 1 TB = 1024 GB (TB - terabajt)

Szybkość transmisji danych mierzy się w bitach na sekundę (bps, bit/s).

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są założenia teorii informacji?
2. Jaki sygnał nazywamy analogowym?
3. Co to jest kwantyzacja obrazu?
4. Na czym polega dyskretyzacja obrazu?
5. Jakie są zasady kodowania liczb dziesiętnych w systemie binarnym?
6. Co to jest bit i bajt?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Przedstaw w systemie dziesiętnym następujące liczby systemu binarnego: 1001, 11111111, 10000011, 110101001.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie treści kształcenia dotyczące zapisu binarnego,
- 2) przekodować liczby w systemie binarnym do systemu dziesiętnego,
- 3) sprawdzić poprawność obliczeń dokonując konwersji liczby z kodu binarnego do dziesiętnego wykorzystując systemowy kalkulator w widoku „naukowy”,
- 4) dołączyć pracę do teczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z oprogramowaniem systemowym,
- karta pracy.

Ćwiczenie 2

Przedstaw w kodzie binarnym następujące liczby dziesiętne. 100, 255, 256, 1500.

Sposób wykonania ćwiczenia.

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie treści kształcenia dotyczące zapisu binarnego,
- 2) zakodować liczby dziesiętne w systemie binarnym,
- 3) porównać wyniki z kolegami,
- 4) sprawdzić poprawność obliczeń dokonując konwersji liczby z kodu dziesiętnego do binarnego wykorzystując systemowy kalkulator w widoku „naukowy”,
- 5) dołączyć pracę do teczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z oprogramowaniem systemowym,
- karta pracy.

Ćwiczenie 3

Uzyskaj efekt skwantowania obrazu z 256 poziomów jasności do 64, 32, 16, 8, 4 i 2 poziomów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie informacje dotyczące kwantowania obrazu,
- 2) otworzyć obraz w programie graficznym np. Photoshop,
- 3) poleceniem Obrazek/Kolory indeksowane skonwertować obraz początkowy do wskazanych w zadaniu poziomów jasności,
- 4) zapisać obrazki w pamięci komputera,
- 5) zestawić dane w tabeli uwzględniając wielkość pliku i liczbę poziomów jasności,
- 6) zanalizować dane dotyczące wielkości plików, liczby poziomów i jakości obrazków,

- 7) sformułować wnioski i zaprezentować wyniki,
- 8) dołączyć pracę do teczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- plik graficzny z obrazkiem o 256 poziomach jasności,
- poradnik zawodowy,
- indywidualne stanowisko komputerowe z programem graficznym,
- karta pracy.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:	Tak	Nie
1) wymienić typy sygnałów spotykanych w przyrodzie ze względu na ich ciągłość?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) uzasadnić słuszność teorii informacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) scharakteryzować zjawisko dyskretyzacji sygnału?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) scharakteryzować zjawisko kwantyzacji sygnału?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) dokonać kwantyzacji obrazu cyfrowego w programie graficznym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) zapisać liczbę dziesiętną w kodzie binarnym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) przeliczyć jednostki pojemności informacji?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.3. Rodzaje detektorów obrazu

4.3.1. Materiał nauczania

Detektory chemiczne i elektroniczne

Zadaniem detektora w procesie zdjęciowym jest rejestrowanie obrazu optycznego powstałego w aparacie fotograficznym. W zależności od systemu rejestracji obrazu posługujemy się detektorami chemicznymi lub elektronicznymi.

Detektory chemiczne (zwane tradycyjnymi lub klasycznymi), do których zaliczamy materiały światłoczułe srebrne i bezsrebrne charakteryzują się tym, że pod działaniem światła zachodzą w nich nieodwracalne procesy fotochemiczne. Takie detektory wymagają obróbki chemicznej w warunkach ciemniowych.

Detektory elektroniczne zwane fotoelektrycznymi zamieniają sygnał optyczny - świetlny na ładunek elektryczny (fotoelektrony). Wielkość wytworzonego ładunku elektrycznego zależy od ilości padającego na detektor światła. Zmiany zachodzące w detektorze elektronicznym są odwracalne. Przykładem detektora elektronicznego jest matryca CCD, X3 i CMOS stosowana w aparatach cyfrowych i skanerach.

Detektory powierzchniowe i skanujące

Ze względu na sposób i czas rejestracji obrazu rozróżniamy detektory powierzchniowe i skanujące.

Jeżeli w chwili naciśnięcia spustu migawki w aparacie fotograficznym na powierzchni detektora rejestrowany jest cały obraz optyczny mówimy o **detektorach powierzchniowych**. Do detektorów powierzchniowych zaliczamy wszystkie klasyczne detektory obrazu czyli światłoczułe materiały halogenosrebrne, materiały bezsrebrne oparte na światłoczułych związkach chemicznych oraz matryce elektroniczne.


Specyficzną cechą **detektora skanującego** jest wydłużenie procesu rejestracji obrazu optycznego. Dodatkowo rejestracja obrazu zachodzi fragmentami (np. wierszami). W grupie detektorów skanujących rozróżniamy detektory liniowe i punktowe.

Liniowe detektory elektroniczne stosuje się w przystawkach skanujących do aparatów średnio i wielkoformatowych, skanerach płaskich oraz skanerach do negatywów. Punktowe elektroniczne detektory obrazu znajdują zastosowanie w skanerach bębnowych.

Dużym ograniczeniem detektorów skanujących jest możliwość rejestrowania jedynie obiektów statycznych.

Tabela 3 Porównanie klasycznych i elektronicznych detektorów obrazu [Latacz L., Mora Cz., POLIGRAFIKA – Tradycyjna i elektroniczna technika rejestracji obrazu – czerwiec 1996 r.]

Kryterium porównania	Detektor chemiczny emulsja halogenosrebrna (ISO 100, 24x36 mm)	Detektor elektroniczny układ CCD (ISO 100, 7x 8 mm)
Wielkość elementów fotoczułych	od 0,3 do 1µm	12x14 µm
Ilość fotoczułych elementów na 1cm ² powierzchni detektora (gęstość upakowania)	1,16x10 ⁹ na cm ²	6,9x10 ⁵ na cm ²
Typ odpowiedzi na działanie światła	Binarny 1-kryształ jest naświetlony (powstaje centrum wywoływalne) 0- kryształ nie jest naświetlony	Analogowy wielkość zgromadzonego ładunku w fotoelemencie jest wprost proporcjonalna do ilości padającego światła
Dyspersja (rozrzut) wielkości elementów fotoczułych	Duża	Prawie zerowa

Rozkład przestrzenny	Przypadkowy	Regularny	
Zapis sygnału	Kryształ halogenku srebra	Nośnik pamięci	
Zapis barwy	Struktura trójwarstwowa	Struktura trójwarstwowa, lub mozaika filtrów RGB	
Kształt i właściwości fotoelementów	Zmienne w zależności od wielkości kryształy AgX posiadają proporcjonalną do wielkości czułość, rozrzut wielkości wpływa na kontrastowość detektora	Identyczne dla każdego piksela	
Odwracalność procesów	nieodwracalny detektor jednokrotnego użytku – pod działaniem światła zachodzą nieodwracalne procesy	odwracalny detektor wielokrotnego użytku pod działaniem światła zachodzą procesy odwracalne	
Proporcje formatu detektora/obrazu	<p>3:2 (1,5:1) 36x24 mm 15x10 cm 24x18 cm</p>  <p>Rys. 1. [5, s. 80]</p>	<p>4:3 (1,33:1) 640 x 480px 1024 x 768px 4048 x 3040px</p>	<p>3:2 (1,5:1) 1125 x 750px 3000 x 2000px 4992 x 3328px [5 s. 81]</p>
Czułość detektora	stała (ale można naświetlać materiał fotograficzny na wyższą od nominalnej czułość i poddawać forsownej obróbce chemicznej- powoduje to wzrost ziarnistości obrazu)	zmienna – możliwość podwyższania czułości – powoduje to wzrost poziomu szumów na obrazie	
Zasilanie detektora do rejestracji obrazu	brak	wymagane	
Jakość obrazu	większa ilość detali w światłach i cieniach, większa rozpiętość tonalna, [12]	mniejsza ilość detali w światłach i cieniach, mniejsza rozpiętość tonalna,	
Archiwizowanie	Materiały halogenosrebrów	Nośniki pamięci	
Trwałość obrazów	100-1000 lat w zależności od rodzaju materiału	10-30 lat w zależności od typu nośnika	

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie zadanie w procesie zdjęciowym pełni detektor obrazu?
2. Jak przebiega elektroniczny proces rejestracji obrazu?
3. Jak przebiega tradycyjny (chemiczny) proces rejestracji obrazu?
4. Jakie właściwości posiada chemiczny detektor obrazu?
5. Jakie cechy posiada elektroniczny detektor obrazu?
6. Jakie detektory obrazu umożliwiają rejestrację obiektów ruchomych?
7. W jakich urządzeniach stosujemy liniowe detektory obrazu?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Przeprowadź klasyfikację wskazanej grupy detektorów obrazu według różnych kryteriów ich podziału.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przypomnieć sobie zasady klasyfikacji detektorów obrazu,
- 2) dokonać podziału detektorów na grupy według różnych kryteriów,
- 3) scharakteryzować poszczególne grupy detektorów obrazu,
- 4) zaprezentować w formie pisemnej rezultaty realizacji ćwiczenia,
- 5) dołączyć pracę do teczki ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przykładowe detektory obrazu lub ich zdjęcia,
- poradniki zawodowe,
- karta pracy.

Ćwiczenie 2

Ze zbioru detektorów obrazu, materiałów, sprzętu i urządzeń wskaż niezbędny do uzyskania obrazu pozytywowego w elektronicznym systemie rejestracji obrazu. Zaprojektuj schemat procesu rejestracji obrazu w tym systemie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wskazać detektory obrazu, materiały, sprzęt i urządzenia,
- 2) przypisać materiały i detektory obrazu do wybranego sprzętu i urządzeń,
- 3) uporządkować sprzęt i urządzenia w logicznej kolejności przebiegu procesu rejestracji obrazu,
- 4) narysować schemat procesu rejestracji obrazu,
- 5) nazwać proces rejestracji obrazu,
- 6) zaprezentować w formie pisemnej rezultaty realizacji ćwiczenia,
- 7) dołączyć pracę do teczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zestaw materiałów: zdjęciowych, do kopiowania, papierów fotograficznych do wydruku,
- różny sprzęt do obrazowania lub jego zdjęcia:
 - lustrzanki: średnioformatowa, małoobrazkowa, cyfrowa,
 - skanery: płaski, do negatywów,
 - drukarki atramentowe i termosublimacyjne,
 - powiększalniki i kopiarki stykowe,
 - komputer z oprogramowaniem do obróbki grafiki rastrowej,
- nośniki pamięci,
- karta pracy.

4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić cechy elektronicznego detektora obrazu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić właściwości chemicznego detektora obrazu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) określić zadanie w procesie zdjęciowym detektora obrazu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) porównać chemiczne i elektroniczne detektory obrazu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wymienić urządzenia w których stosujemy liniowe detektory obrazu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) wymienić urządzenia w których stosujemy powierzchniowe detektory obrazu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.4. Parametry obrazu cyfrowego

4.4.1. Materiał nauczania

Do podstawowych parametrów obrazu optycznego należą:

- **rozdzielczość** wpływająca na poziom szczegółów obrazu,
- **głębina bitowa** określająca ilość barw możliwych do odwzorowania na obrazie,
- **format zapisu** wpływający na jakość obrazu i wielkość pliku,
- **tryb koloru** determinuje sposób i jakość odwzorowania barw.

Wielkości te decydują o jakości obrazu cyfrowego.

Rozdzielczość – określa stopień odwzorowania szczegółów obiektu lub obrazu analogowego. Liczbowo wyznacza się jako ilość najmniejszych, niepodzielnych elementów obrazu rastrowego przypadających na jednostkę długości – najczęściej cal, gdzie **1 cal = 2,54 cm**.

W zależności od urządzeń wejścia [WE] służących do pozyskiwania (akwizycji) obrazów i urządzeń wyjścia [WY] służących do archiwizacji i wizualizacji obrazów cyfrowych pojedynczy element obrazu nosi nazwę próbka, piksel lub punkt a rozdzielczości określamy w następujących jednostkach:

- **spi [samples per inch]** to rozdzielczość skanowania lub skanera, określa gęstość punktów próbkowania na 1 cal. Mówimy tu o rozdzielczości optycznej zdeterminowanej przez liczbę elementów fotoczułych w linijce skanującej urządzenia „upakowanych” na długości 1 cala [7 s. 71],
- **ppi [pixel per inch]** określa rozdzielczość obrazów cyfrowych wyświetlanych na ekranie monitora, pozyskanych z aparatów i kamer cyfrowych, Internetu, krążków CD, wyraża liczbę pikseli przypadających na 1 cal. Rozdzielczość monitorów mieści się w zakresie od 60 do 120 ppi natomiast obraz rejestrowany w aparacie cyfrowym posiada rozdzielczość 72 ppi,
- **dpi [dots per inch]** rozdzielczość obrazów drukowanych określa liczbę punktów nadrukowanych na 1 cal podłoża,
- **lpi [lines per inch]** rozdzielczość obrazów zrastrowanych w druku wielkonakładowym określa liczbę linii rastra na 1 cal długości obrazu.

Głębina bitowa (zwana głębią piksela, rozdzielczością bitową, dokładnością bitową) jest miarą liczby bitów przechowujących informację dla jednego piksela obrazu cyfrowego w odniesieniu do wszystkich kanałów tego obrazu. Określa ona wielkość informacji przydzielonej dla opisanego barwy każdego piksela w pliku zawierającym obraz zamieniony na postać cyfrową (tzw. obraz zdigitalizowany).

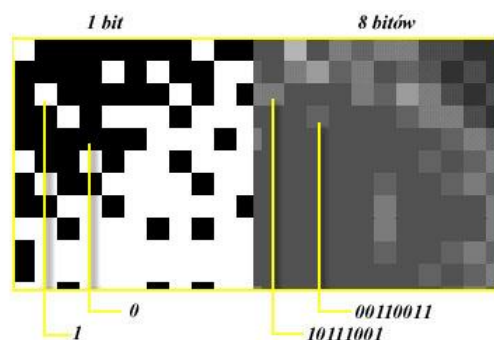
Wartościami stosowanymi w praktyce dla głębi bitowej jest zakres od 1 do 39 **bitów na jeden piksel (b/px)** [7, s. 68].

Każdy punkt obrazu cyfrowego może być czarny, biały, szary albo barwny. Decyduje o tym liczba bitów użytych do opisanego piksela. Tabela 4 przedstawia tę prostą zależność.

Bit to najmniejsza jednostka informacji, jaką przetwarza komputer. Może przyjmować wartość 0 lub 1.





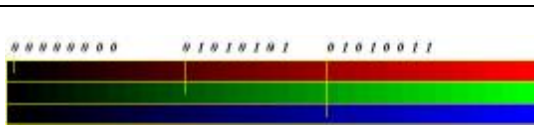
W przypadku obrazu w skali szarości

- **0** znaczy czarny
- **1** znaczy biały



Rys. 2. Reprezentacja graficzna bita [2]

Tabela 4 Reprezentacja graficzna liczby barw na obrazie w zależności od głębi bitowej [2]

	1 b/px	Próbka opisana przez jeden bit może być czarna lub biała (0 lub 1).
	2 b/px	Jeśli piksel opisany jest przez dwa bity informacji, możliwe są 4 kombinacje (00, 01, 10, 11), a więc możliwe są 4 barwy lub poziomy szarości.
	4 b/px	Głębina bitowa = 4 bity/piksel pozwala na odwzorowanie maksymalnie 16 barw lub poziomów szarości.
	8 b/px	8 bitów umożliwia odwzorowanie 256 poziomów szarości lub barw
	24 b/px (po-8 b/px na każdy kanał RGB)	głębina 24 bitów na piksel wyznacza granicę możliwości urządzeń do wizualizacji obrazów równą liczbie 16,8 milionów barw.

Dalsze zwiększanie głębi bitowej wprowadza się w celu podwyższenia jakości obrazów bez dalszego wzrostu liczby barw odwzorowanych na obrazie. Nie stanowi to żadnego ograniczenia ponieważ **nasze oko postrzega rzeczywistość dokładnie z 24-bitową głębią, po 8 bitów na każdy kanał R,G i B.**

Na podstawie danych w tabeli 4 łatwo zauważyć zależność liczby barw od głębi bitowej z jaką zapisujemy obraz. Liczba barw na obrazie równa jest liczbie dwa podniesionej do potęgi głębi bitowej.

$$\text{liczba barw na obrazie} = 2^{\text{głębina bitowa}}$$

Poniżej przedstawione zostały obrazy z różną głębią bitową. Należy jednak podkreślić, że do prezentacji obrazów czarno-białych stosujemy maksymalnie 8-bitową głębię. Ta 8-bitowa głębia jest jednocześnie minimalną wartością do opisu obrazów barwnych. Barwne obrazy cyfrowe posiadają 8-, 16-, 24-, 36-, 48-bitową głębię. Obrazy czarno-białe występują najczęściej z 1- i 8-bitową głębią.

Prezentowane na fot. 3 obrazy barwne i czarno-białe z różną głębią bitową również mniejszą od zalecanej w prezentacjach multimedialnych. Widoczny jest spadek liczby barw (lub poziomów jasności na obrazach w skali szarości co ogranicza poziom odwzorowania szczegółów oraz płynność przejść tonalnych.



Fot. 3. Prezentacja obrazów barwnych i w skali szarości zapisanych z różną głębią bitową

Obraz zapisany z głębią bitową 1 nazywamy **plaską** lub **dwupoziomową mapą bitową**. Kiedy piksel opisany jest przez więcej niż 1 bit mówimy o **głębokiej mapie bitowej**.

Głębia bitowa wpływa nie tylko na wierność odwzorowania barw, ale również na wielkość pliku. Obraz zapisany z głębią 8 bitową, jest 8 razy większy od podobnego zapisanego z głębią 1-bitową.

Dlatego zwiększanie dokładności opisu obrazu (głębi bitowej) powinno być dostosowane do jego przeznaczenia i zgodne z obowiązującymi standardami. Poniższa tabela przedstawia te standardy z uwzględnieniem zależności liczby barw od głębi bitowej.

Tabela 5 Standardy zapisu barwy z uwzględnieniem zależności liczby barw od głębi bitowej

Standard zapisu	Głębia bitowa	Liczba barw/ poziomów szarości
Line Art (jakość faxowa)	1	2 (czarny i biały)
Gray Scale	8	256 poziomów szarości
Multimedia (minimum dla multimediiów)	8	256 barw
High Color (standard wideo)	16	65.536 barw
True Color (jakość fotograficzna)	24	16.777.216 barw
True Color (1 kanał przezroczystości alfa)	32	16.777.216 barw

Formaty zapisu

Obrazy cyfrowe oglądane na ekranie monitora czy też drukowane różnią się jakością i szybkością wczytywania z dysku. Na wielkość i jakość pliku graficznego wpływa wiele parametrów cyfrowego obrazu. Są to poznana już rozdzielczość i głębia bitowa. Te parametry decydują w zasadniczy sposób o jakości i wielkości obrazu. Jednak obrazy o tej samej rozdzielczości i głębi bitowej można zapisać w różny sposób. I właśnie ten **sposób zapisu informacji o obrazie w pliku nazywamy FORMATEM ZAPISU**.

Format zapisu informuje nas nie tylko o sposobie zapisu obrazu, ale pośrednio informuje o jakości i możliwościach wykorzystania obrazu w pracach graficznych, czyli jego przeznaczeniu.

Z pojęciem formatu zapisu nierozzerwalnie wiąże się pojęcie kompresji. Jest to oczywiście zmniejszenie (w naszym przypadku) wielkości pliku graficznego. To ważne, aby obrazy cyfrowe przy zachowaniu wysokiej jakości zajmowały jak najmniej miejsca na dysku. Stąd też pojawiło się pojęcie kompresji stratnej i bezstratnej.

Kompresja bezstratna to algorytm pozwalający na zmniejszenie wielkości pliku graficznego bez utraty jakości (utrata danych o obrazie cyfrowym). Przykładem algorytmu kompresji bezstratnej jest:

- **kompresja LZW** obsługiwana przez formaty TIFF, PDF, GIF i język PostScript,
- **kompresja RLE** obsługiwana przez format Photoshopa oraz niektóre formaty Windows np. BMP.

Gdy mamy bardzo mało miejsca na dysku jesteśmy skazani na wykorzystanie algorytmu **kompresji stratnej** umożliwiającej radykalne zmniejszenie objętości pliku graficznego, niestety pewne informacje o obrazie zostają bezpowrotnie utracone (utrata informacji dotyczy poziomu szczegółów oraz płynności przejść tonalnych na obrazie). Najpopularniejszym algorytmem kompresji stratnej jest JPEG – powszechnie nazywany formatem zapisu.

Na fotografii 4 prezentowane są obrazy zapisane za pomocą różnych algorytmów kompresji. Najbardziej skutecznie zmniejsza wielkość pliku algorytm kompresji stratnej JPEG. Straty w jakości obrazu są proporcjonalne do stopnia kompresji.

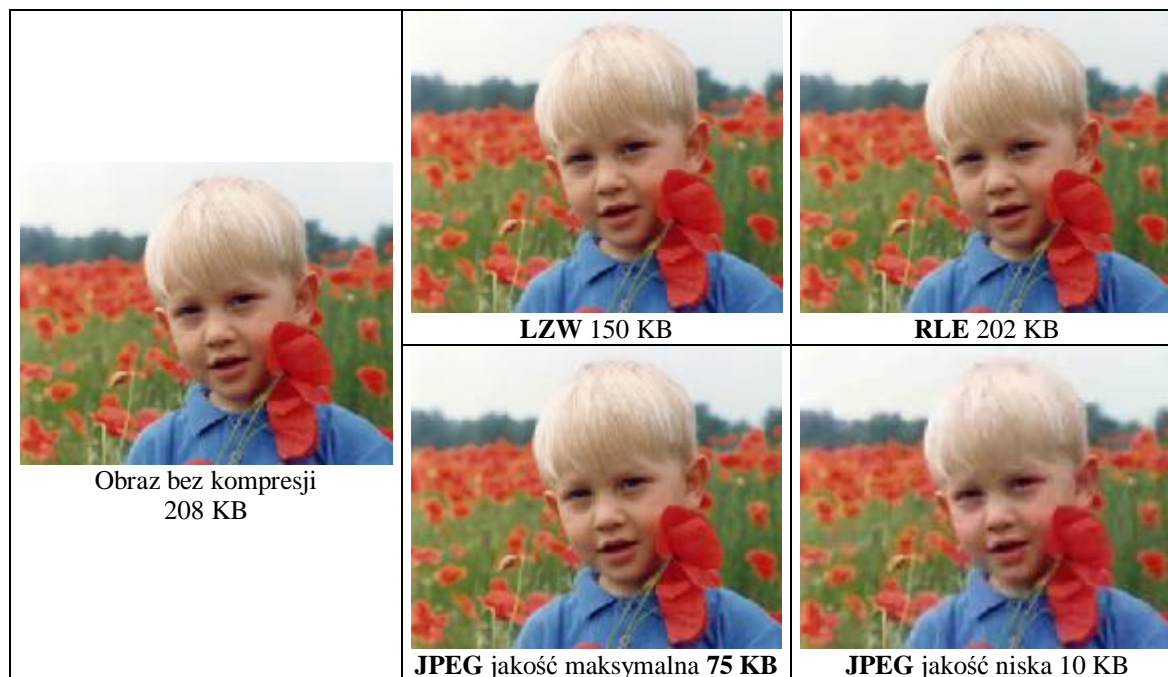
Kompresja bezstratna wykorzystuje nadmiarową informację zawartą w plikach źródłowych. Kompresja RLE (Run Length Encoding) wykorzystuje **metodę kodowania długości serii**. Algorytm kompresji RLE zastępuje ciągi takich samych znaków

występujących po sobie (np. pikseli na obrazie) informacją o liczbie wystąpień tej samej danej (długość serii) oraz zakodowaniu danej wzorcowej (powtarzającej się) np.

Tabela 6 Kodowanie długości serii w kompresji RLE [6, s. 10]

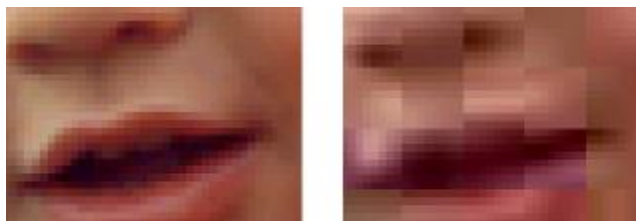
Wejście	2	5	5	5	5	3	7	7	7	1	Rozmiar 10
Wyjście	2	4	5	3	3	7	1				Rozmiar 7
Interpretacja wyjścia	dana swobo- dna 2	seria czterech danych	o wartości 5	dana swobo- dna 3	seria trzech danych	o wartości 7	dana swobo- dna 1				
Wejście											Rozmiar 10
Wyjście	3		2		5						Rozmiar 6
Interpretacja wyjścia	Seria trzech danych	O wartości	Seria dwóch danych	O wartości	Seria pięciu danych	O wartości					

Algorytm kompresji bezstratnej LZW opiera się na metodach słownikowych. Technika LZW (Lemple-Zif-Welch) jest szczególnie przydatna przy kompresowaniu obrazków z dużymi obszarami o jednolitej barwie. Podczas kompresji tworzy się słownik/tablica pikseli o barwach i jasnościach występujących w obrazie. Gdy w tablicy nie ma piksela o danej wartości to zostaje on dopisany, zakodowany i podane jest jego położenie w tablicy. Gdy wczytujemy piksel istniejący w tablicy zostaje przypisany mu indeks z tablicy. W ten sposób skraca się zapis ponieważ nie koduje się informacji o barwie i jasności każdego piksela osobno [6, s. 74].



Fot. 4. Obrazy zapisane z różnym algorytmem kompresji

Bardzo wydajny algorytm kompresji **transformacyjnej** JPEG wynika z podziału obrazu cyfrowego na bloki o rozmiarze 8x8 pikseli, co daje w bloku 64 piksele. Ponieważ oko ludzkie jest najbardziej wrażliwe na zmianę jasności a potem odcienia barwy cały blok jest opisany funkcją zmiany tych parametrów – odcienia i jasności barwy. Często te bloki interpretowane są jako widoczne na obrazie piksele [6, s. 90].



Fot. 5. Algorytmy kompresji (po lewej stronie algorytm kompresji LZW po prawej JPEG z widocznymi blokami 8x8 pikseli)

Do najpopularniejszych formatów plików graficznych należą TIFF, JPEG, PNG, GIF, BMP i RAW.

Format TIFF (Tagged Image File Format) standardowy i podstawowy format do zapisu grafiki rastrowej, uznany przez grafików profesjonalistów, stosowany do archiwizacji obrazów cyfrowych. Zapewnia rejestrację nieskompresowanych obrazów z 24 bitową głębią tworząc bardzo duże pliki. Pozwala też na zapisanie obrazów z różnymi algorytmami kompresji LZW, ZIP oraz JPEG. Obrazy w formacie TIFF najlepiej zapisywać bez kompresji lub z wykorzystaniem bezstratnej kompresji LZW, która nie powoduje widocznej utraty jakości obrazu, a potrafi zredukować wielkość pliku do 2/3 pierwotnej objętości [3, s. 87]. Format TIFF jest obsługiwany przez IBM PC oraz platformę Macintosh.

Obraz zapisany w formacie TIFF w programie Photoshop może zachować warstwy.

Format JPEG (Joint Photographic Experts Group) jest stratnym algorytmem kompresji, jednym z najbardziej popularnych formatów zapisu tworzącym niewielkiej objętości pliki w standardzie true color (głębia 24 b/px). Po wybraniu kompresji JPEG można określić jakość obrazka na 13 poziomach od 0 do 12. Najlepsze efekty przynosi kompresja o maksymalnej jakości = 12. Format JPEG jest wykorzystywany do kompresji plików przeznaczonych do publikacji na stronach WWW oraz do rejestracji obrazów w aparatach cyfrowych o co najmniej 3 poziomach jakości. Nie nadaje się do elektronicznego przetwarzania obrazu dla celów poligrafii czy druku w większym formacie [2, s. 90].

Format GIF – (Graphics Interchange Format) uważany za bezstratny. Pliki z rozszerzeniem gif można zapisać z głębią 8 bitów/piksel co oznacza ograniczenie palety barw do 256. Powoduje to brak w obrazie łagodnych przejść tonalnych i odcieni barwy co skutkuje pojawieniem się na obrazie obszarów o jednolitej barwie i jasności (fot. 6).

Pliki zapisane w formacie gif mają mniejszą objętość z uwagi na ograniczoną do 8 głębię bitową. Nadają się do zapisu obrazów graficznych o ostrych konturach i dużych powierzchniach o jednolitej barwie jak banery, logo, rysunki [3, s. 87–88].

Format GIF obsługuje animację, pozwala zdefiniować przezroczyste piksele oraz zapisać obraz z przeplotem co umożliwi stopniowe wyświetlanie obrazka na stronie WWW stosownie do procesu jego czytania, ukazując coraz więcej szczegółów. Dlatego obrazy zapisane w formacie gif bardzo często spotyka się w sieci WWW w postaci banerów, przycisków, logo i animowanych obrazków (tzw. animowanych gifów).



Fot. 6. Obrazy zapisane w formatach (od lewej) tiff i gif

Format PNG posiada zalety formatu JPEG – 24 bitową głębię barw oraz formatu GIF – bezstratny algorytm kompresji. Pliki zapisane w formacie PNG mają małą objętość i można zapisać je z przeplotem tzn., że przed pełnym wczytaniem na stronę WWW obrazek jest wyświetlany w postaci poszczególnych wersji o niższej rozdzielczości. Format PNG powstał z myślą o publikacji grafiki w sieci Internet.

Format BMP (Bit Map File) – tzw. mapa bitowa został zaprojektowany dla środowiska Windows. Wszystkie interfejsy programów i ikony widoczne w systemie Windows obsługują format BMP. Format ten tworzy duże pliki i umożliwia zapisywanie grafiki z różną głębią bitową 2, 4, 8, 16 i 24. Obrazy w pliku BMP przechowywane są w postaci nieskompresowanej lub skompresowanej z wykorzystaniem bezstratnej kompresji RLE.

Format RAW (tzw. surowy tryb) - nazywany jest cyfrowym odpowiednikiem klasycznego negatywu. Plik RAW to nienaruszone żadną obróbką elektroniczną zdjęcie w postaci, w jakiej zostało naświetlone na matrycy aparatu cyfrowego.

W momencie naciśnięcia spustu migawki na karcie pamięci zapisywana jest jedynie informacja o wartości ekspozycji danego piksela padającego na fotoelement bez informacji o barwie. W ten sposób dostajemy surowy, nieprzetworzony strumień danych, który można przetworzyć zgodnie z potrzebami w komputerze, z pomocą odpowiedniego, dedykowanego oprogramowania i zapisać w innym formacie pozostawiając nienaruszony plik źródłowy.

Zapis obrazu w formacie RAW z głębią bitową 12 b/px pozwala tworzyć pliki o połowę mniejsze od porównywalnych plików zapisanych w formacie TIFF, daje większe możliwości ingerencji w końcowy wygląd obrazu przy uzyskaniu najwyższej jego jakości.

Dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu można otrzymać wszystkie zapisane przez aparat informacje dotyczące obrazu oraz rozkładu maski kolorów elektronicznej matrycy. Znając mapę barw pikseli oraz wartość ekspozycji każdego z nich po interpolacji rzeczywistego obrazu otrzymamy przetworzony obraz o bardzo wysokiej jakości. Dla jednego pliku RAW możemy wykonać szereg interpolacji i wybrać najlepszą.

Program konwertujący pliki RAW do innych formatów graficznych daje możliwość ingerencji we wszystkie podstawowe cechy obrazu fotograficznego w procesie jego obróbki przewyższające możliwości obróbki ciemniowej klasycznego materiału fotograficznego.

Jednym z uznanych programów konwertujących pliki RAW jest Adobe Camera RAW z pakietu Photoshop CS2.

Obraz zapisany w formacie RAW spełnia kryteria jakości profesjonalnych zastosowań i pozwala przejąć pełną kontrolę nad obrazem z możliwością przetwarzania zdjęcia bez straty jakości.

Tryb koloru określa sposób zapisu informacji o barwach obrazka w pliku graficznym w oparciu o konkretny model barw. Do najczęściej stosowanych podczas zapisu obrazu trybów koloru należą RGB, CMYK, Lab, skala szarości.

Tryb **RGB** jest oparty na modelu barw RGB. Służy do zapisywania obrazów przeznaczonych do wizualizacji multimedialnych (wyświetlania na ekranie monitora, rzutowania przez projektor multimedialny), naświetlania z plików graficznych na klasyczny papier fotograficzny oraz archiwizacji źródłowej informacji obrazowej.

Tryb RGB przypisuje każdemu pikselowi intensywności trzech składowych chromatycznych R, G i B od czerni (0) do bieli (255) co umożliwia uzyskanie 16,7 mln różnych barw. Równe wartości intensywności trzech składowych chromatycznych odpowiadają barwie achromatycznej.

Zgodnie z tą zasadą barwa jaskrawoczerwona odpowiada wartościom składowych chromatycznych R = 255, G=0 i B=0.

W trybie **CMYK** każdy element obrazu jest opisany przez cztery składowe chromatyczne dla których określa się procentową wartość barwników procesu drukarskiego. Daje możliwość uzyskania 4,3 mld różnych kolorów (32-bitowa głębia koloru).

Biel odpowiada zerowej wartości procentowej składowych chromatycznych, barwom najjaśniejszym (światłom obrazu) są przypisane niewielkie udziały procentowe farb podstawowych, a ciemniejszym (cieniom obrazu) - większe. Np. barwa jasnoczerwona odpowiada następującym wartościom składowych chromatycznych cyjan – 2%, magenta – 93%, żółty – 90% i czarny – 0%.

Tryb CMYK jest używany do przygotowywania obrazków przeznaczonych do druku symuluje na ekranie monitora sposób odwzorowania barw na wydruku.

Tryb Lab bazuje na uniwersalnej przestrzeni barw Lab niezależnej od urządzenia. Barwę piksela określają trzy składowe L, a i b, gdzie:

- **L** – luminacja wyrażona w % ,zmieniająca się od 0 do 100,
- **a** – określa zmianę odcienia barwy od zielonej do czerwonej, przyjmuje wartości od (-128) do (+127) na 256 poziomach.
- **b** – określa zmianę odcienia barwy od niebieskiej do żółtej, przyjmuje wartości od (-128) do (+127) na 256 poziomach.

Tryb Lab jest używany podczas pracy z obrazkami przy korekcji obrazu gdzie dobre efekty przynosi oddzielenie luminacji i chromatu, przy przenoszeniu obrazków pomiędzy systemami lub trybami koloru oraz przy drukowaniu.

Tryb **skala szarości** nie opiera się na konkretnym modelu barw ale na 8-bitowej głębi barw o 256 odcieniach szarości. Tryb skala szarości jest wykorzystywany do edycji i tworzenia czarno-białych obrazów o pełnej skali tonów. Przy konwersji barwnego obrazka na tryb skali szarości program usuwa informacje o barwie, zachowując wartość ich luminancji. Poziom szarości, a właściwie luminancji, achromatycznego piksela obrazu jest przedstawiany liczbowo w skali od 0 do 255 lub jako % wartość natężenia czarnego barwnika drukującego [4, s.132].

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz metody kompresji zapisu plików graficznych?
2. W jakim formacie należy zapisać obrazek barwny przeznaczony do publikacji w Internecie?
3. Co to jest rozdzielczość obrazu cyfrowego?
4. Czego dotyczy jednostka spi, ppi,dpi, lpi?
5. Jakie jest zastosowanie trybu koloru Lab?
6. Co to jest głębia bitowa obrazu cyfrowego?
7. Jakie zalety posiada format zapisu RAW?
8. Jaka głębia bitowa pozwala na uzyskanie standardu zapisu barwy True color?
9. Co to jest format zapisu?
10. Co to jest tryb koloru?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Obraz w formacie TIFF z głębią 24 b/px zapisz z mniejszą głębią bitową zgodnie z danymi w tabeli poniżej. Zaobserwuj zmiany w jakości obrazu i wielkości pliku graficznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) otworzyć plik w formacie TIFF i zapisać w katalogu *Głębia bitowa* pod nazwą 24bity.tif bez zmiany formatu zapisu z kompresja LZW,
- 2) utworzyć 6 kopii wyjściowego obrazka,
- 3) zapisać każdą kopię z głębią bitową podaną w tabeli pod nazwą sugerującą głębię bitową obrazu (np. 2bity.tiff, 4bity.tif...),
- 4) obliczyć liczbę barw zapisanych obrazów,
- 5) uzupełnić tabelę danymi pozyskanymi po wykonaniu ćwiczenia,
- 6) wprowadzić dane do arkusza kalkulacyjnego i zilustrować je wykresami,
- 7) zaobserwować zmiany w obrazach,
- 8) zanalizować dane liczbowe oraz ich reprezentację graficzną tj. zależność liczby barw i wielkości pliku graficznego od głębi bitowej,
- 9) sformułować wnioski,
- 10) zaprezentować grupie rezultaty ćwiczenia,
- 11) dołączyć pracę doteczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

Tabela do ćwiczenia 1

Głębia bitowa	Liczba barw	Wielkość pliku(KB)
1 bit/piksel		
2 bity/piksel		
3 bity/piksel		
4 bity/piksel		
8 bitów/piksel		
16 bitów/piksel		
24 bity/piksel		

Wyposażenie stanowiska pracy:

- komputer z oprogramowaniem systemowym, programem graficznym i biurowym Excel,
- obrazy zapisane w postaci pliku graficznego w formacie TIFF nieskompresowany z głębią 24 b/px.

Ćwiczenie 2

Obraz w formacie TIFF z głębią 24 b/px nieskompresowany zapisz w innych formatach. Ze wskazanymi algorytmami kompresji. Zaobserwuj zmiany w jakości obrazu i wielkości pliku graficznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) utworzyć na pulpicie komputera folder o nazwie **formaty**,
- 2) uruchomić program Photoshop,
- 3) otworzyć skopiowany obrazek i utworzyć jego kopie,
- 4) zapisać kolejne kopie w formatach wyszczególnionych w tabeli poniżej,
- 5) uzupełnić tabelę danymi pozyskanymi po wykonaniu ćwiczenia,
- 6) obliczyć stopień kompresji wg wzoru,
- 7) wprowadzić dane do arkusza kalkulacyjnego i zilustrować dane wykresami sporządzonymi w programie Excel,
- 8) porównać obrazy pod względem zmian jakości,

- 9) zanalizować dane liczbowe oraz ich reprezentację graficzną tj. zależność stopnia kompresji i wielkości pliku graficznego od formatu graficznego,
- 10) sformułować wnioski,
- 11) zaprezentować grupie rezultaty ćwiczenia,
- 12) dołączyć pracę do teczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

$\text{stopień kompresji [\%]} = \frac{\text{wielkość pliku tiff bez kompresji} - \text{wielkość pliku obliczanego} * 100\%}{\text{wielkość pliku tiff bez kompresji}}$

Tabela do ćwiczenia 2

Format zapisu		Kompresja	Wielkość pliku w KB	Stopień kompresji w %
TIFF		bez kompresji		
TIFF z kompr.		kompresja LZW		
BMP				
PNG				
JPEG	1	Min [jakość max=8]		
JPEG	2	Średnia [jakość średnia=5]		
JPEG	3	Max [jakość słaba=0]		
GIF				

Wyposażenie stanowiska pracy:

- komputer z oprogramowaniem systemowym, programem graficznym i biurowym Excel,
- obrazy zapisane w postaci pliku graficznego w formacie TIFF nieskompresowany z głębią 24 b/px.

Ćwiczenie 3

Oblicz, z jaką standardową głębią bitową można zapisać obrazy o podanej w tabeli liczbie barw. Oszacuj wielkość plików nieskompresowanych wiedząc, że ich rozdzielczość wynosi 400 x 600 pikseli.

Tabela do ćwiczenia 3

Liczba barw	Głębina bitowa	Zapis binarny	Wielkość pliku (szacunkowa)
15
200
65000

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) obliczyć minimalną głębię bitową na podstawie liczby barw występujących na obrazie,
- 2) zapisać liczbę barw w kodzie binarnym,
- 3) obliczyć szacunkową wielkość nieskompresowanych plików graficznych,
- 4) zaprezentować w formie pisemnej rezultaty ćwiczenia i dołączyć pracę do teczki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- artykuły piśmiennicze,
- kalkulator.

Ćwiczenie 4

Zarejestruj obraz aparatem cyfrowym w formacie RAW. Skonwertuj obraz z surowego formatu RAW do formatów rastrowych nieskompresowanego (TIFF) i skompresowanego (JPEG).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wykonać zdjęcie aparatem cyfrowym i zapisać je w formacie RAW,
- 2) dokonać transferu danych do komputera,
- 3) otworzyć program Photoshop i wybrać polecenie *Plik / Otwórz lub Plik / Otwórz jako*,
- 4) wybrać na liście format *Raw* i kliknąć na OK,
- 5) wpisać w polach szerokość i wysokość wymiary obrazka,
- 6) wprowadzić liczbę kanałów,
- 7) wybrać głębię koloru, a jeśli to konieczne, kolejność bajtów,
- 8) wpisać wartość w polu *Nagłówek* (aby oszacować wielkość nagłówka, należy wprowadzić prawidłową wysokość i szerokość, aby oszacować wysokość i szerokość należy wprowadzić prawidłową wielkość nagłówka),
- 9) kliknąć *Oszacuj* i zapisać (podczas zapisywania pliku program Photoshop może zachowywać nagłówek ale dopiero po zaznaczeniu opcji *Zapamiętaj przy zapisie*).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- komputer z oprogramowaniem systemowym i programem graficznym,
- obrazy zapisane w postaci pliku cyfrowego w formacie RAW.

4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) określić zasady cyfrowego zapisu i kompresji obrazu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić parametry obrazu cyfrowego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dostosować parametry obrazu cyfrowego do przeznaczenia pliku graficznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) dobrać format zapisu zdjęcia do publikacji w Internecie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) rozróżnić pojęcie kompresji stratnej i bezstratnej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) dobrać rozdzielczość obrazu do przeznaczenia pliku graficznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić głębię bitową obrazu do przeznaczenia pliku graficznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) określić tryb koloru obrazu do przeznaczenia pliku graficznego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) wskazać formaty, które wykorzystują przy zapisie algorytm kompresji bezstratnej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) określić na czym polega kompresja JPEG?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

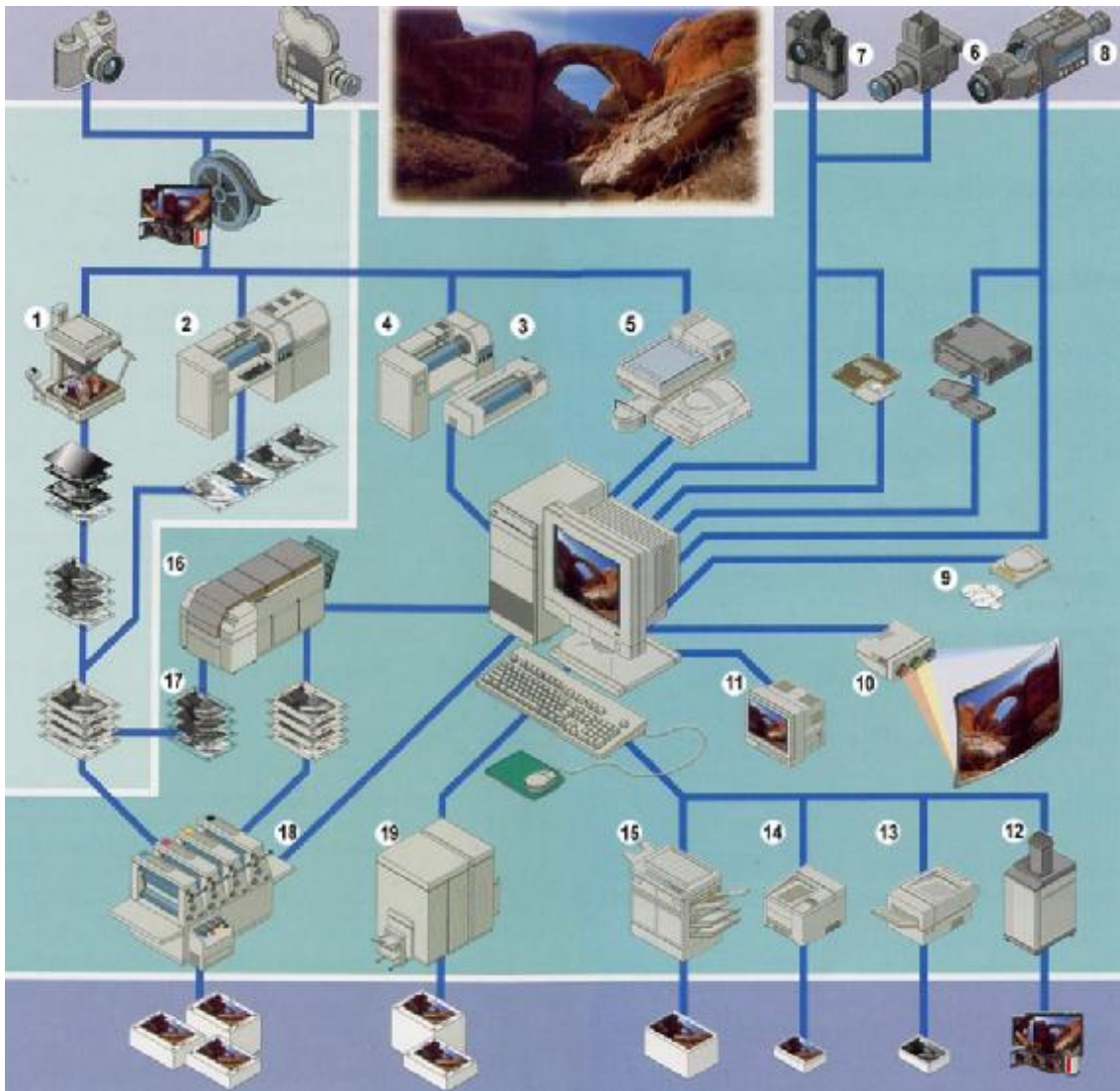
4.5. Sposoby wizualizacji obrazów cyfrowych

4.5.1. Materiał nauczania

Sposób wizualizacji obrazów cyfrowych jest uzależniony od przeznaczenia i wybranej ścieżki rejestracji informacji obrazowej.

Postęp technologiczny w fotografii umożliwił każdemu rejestrację, przetwarzanie i wizualizację obrazów różnymi technikami chemicznymi, elektronicznymi i hybrydowymi. Aby dokonać wizualizacji cyfrowych obrazów za pomocą urządzeń wyjścia (WY) należy prześledzić również możliwości jego pozyskiwania przez urządzenia wejścia (WE) i przetwarzania z wykorzystaniem odpowiednich interfejsów.

Współczesne **cyfrowe urządzenia wejścia** umożliwiają komputerową obróbkę obrazów, zapewniają precyzję regulacji ich parametrów i wielką elastyczność w zakresie wprowadzanych zmian obrazu [1, s. 2].



Rys. 3. Ścieżki pozyskiwania przetwarzania i wizualizacji obrazów cyfrowych [1, s. 2–3]

Do urządzeń przekształcających oryginały analogowe na dane cyfrowe służą **skanery bębnowe (3, 4)** oraz **skanery płaskie (5)**. Jest to grupa urządzeń opartych na nowej technologii wykorzystującej mechanizmy ze sprzężeniem ładunkowym (CCD), zawierające tysiące małych, światłoczułych receptorów (elementów), przekształcają różne poziomy światła na cyfrowe sygnały prądowe. W skanerach płaskich podczas skanowania do rejestrowania kolejnych linii danych obrazu używana jest zwykle liniowa tablica CCD.

Równie częstą metodą pozyskiwania plików graficznych obiektów naturalnych jest rejestracja obrazu cyfrowymi aparatami lub kamerami. Współczesne **aparaty fotograficzne (7)** zawierają dwuwymiarową matrycę elementów, która umożliwia natychmiastową rejestrację obrazów optycznych i zapisanie danych na nośniku pamięci. Istnieją też przystawki z matrycami CCD do **profesjonalnych analogowych aparatów fotograficznych (6)**. W **cyfrowych kamerach wideo (8)** matryca CCD służy do rejestrowania kolejnych klatek zapisywanych na nośniku pamięci lub nagrywanych na wysokiej jakości taśmie magnetycznej (video).

Inną możliwością pozyskiwania obrazów jest korzystanie z profesjonalnych usług skanowania w celu przeniesienia obrazów z filmu na płyty kompaktowe (CD lub DVD). Dołączane do komputera **odtwarzacze płyt (9)** stanowią źródło obrazów cyfrowych i zapewniają szybki dostęp do tych potencjalnie wielkich baz obrazów cyfrowych.

Cyfrowe urządzenia wyjścia

Za konwersję informacji zapisanych w pliku graficznym na piksele o określonej barwie składające się na widzialny obraz odpowiedzialne są cyfrowe urządzenia wyjścia. Obrazy przeznaczone do interakcyjnych prezentacji multimedialnych wymagają zastosowania sterowanego przez komputer **systemu projekcyjnego – projektora multimedialnego (10)** albo w najprostszym przypadku **komputerowego monitora (11)** z osprzętem dźwiękowym [1, s. 3].

Wyróżniamy dwa rodzaje monitorów: CRT tzw. kineskopowe oraz TFT stanowiące płaskie panele zwane LCD. Podstawowym zadaniem monitora graficznego jest precyzyjne wyświetlanie informacji zawartych w pliku graficznym. O jakości monitora decyduje wierność odwzorowania barw oraz bogata gama przejść tonalnych wyświetlanego obrazu.

Projektory multimedialne są coraz bardziej powszechnym urządzeniem do prezentowania informacji nie tylko graficznych. Zaletą tego urządzenia jest możliwość skonfigurowania go do pracy z innymi urządzeniami generującymi obraz i dźwięk np.: magnetowid, kamera wideo, odbiornik TV, komputer, cyfrowy aparat fotograficzny.

Cechą wyróżniająca projektory do prezentacji graficznych jest luminancja, kontrast, rozdzielczość, rozmiar matrycy oraz technologia wyświetlania (DLP lub LCD).

W związku z upowszechnianiem się użycia różnych programów do składu i przetwarzania obrazów, powstały różne cyfrowe urządzenia drukujące.

Naświetlarki do filmów (12) służą do naświetlania cyfrowych danych na film barwny do późniejszego wykorzystania w prezentacjach ze slajdami lub wykonania wtórnych oryginałów czyli wysokiej jakości kopii oryginalnego obrazu fotograficznego. To cyfrowe reprodukcje fotografii umożliwia naświetlenie cyfrowo utworzonego, zmienionego lub odtworzonego oryginału na materiale pozytywowym lub negatywowym, dla zapewnienia wygodnej dystrybucji fotografii lub umieszczenia jej w banku obrazów [1, s. 3]. W naświetlarce na materiale fotograficznym powstaje (w wyniku naświetlania) obraz utajony, który trzeba poddać klasycznej obróbce chemicznej.

Obecnie funkcję naświetlarki, skanera oraz procesora do obróbki chemicznej łączy w sobie **Digilab** będący kolejnym urządzeniem wyjścia do wizualizacji plików graficznych. Digilab łączy w sobie technikę chemiczną i elektroniczną otrzymywania obrazów. Jest urządzeniem posiadającym wbudowany skaner wczytujący dane z negatywów

i diapozytywów, posiada czytnik nośników pamięci. Po dokonaniu obróbki cyfrowej obraz z pliku graficznego można naświetlić na papier fotograficzny urządzeniem naświetlającym, a następnie poddać obróbce chemicznej i wysuszyć odbitki.

Do otrzymywania obrazów barwnych i czarno-białych na różnych podłożach z plików cyfrowych służą:

- **drukarki laserowe (13)**, w których jest stosowany system kserokopiarki,
- **drukarki termosublimacyjne (14)**, drukujące obrazy z jakością fotograficzną z użyciem techniki sublimacji barwników lub termicznego przenoszenia wosku. Ze względu na wysokie koszty i małą prędkość wydruku ich zastosowanie jest ograniczone do wykonywania próbnych odbitek i druku niskonakładowego.
- **cyfrowo sterowane kserokopiarki barwne (15)** zapewniają nieco większą prędkość druku, lecz koszty pozostają wysokie [1, s. 3],
- **drukarki atramentowe** najpopularniejsze urządzenia drukujące amatorskie i profesjonalne, oferujące coraz lepsze systemy wydruku z jakością fotograficzną, imitujące klasyczne fotografie. Na uwagę zasługują plotery – drukarki wielkoformatowe z tuszami pigmentowymi dające trwałe barwy obrazu.

Monochromatyczne separacje na filmach, używane w procesach drukarskich z wykorzystaniem farb, powstają w wysokiej jakości **naświetlarkach (16)**, które mogą naświetlać bezpośrednio formy drukarskie (direct – to-plate) dzięki czemu unika się **przygotowywania filmów (17)**. Dane cyfrowe mogą trafiać bezpośrednio do **specjalnych maszyn offsetowych (18) (direkt-to-press)**.

Skutecznym rozwiązaniem wizualizacji plików graficznych w systemach nisko- i średnionakładowych cyfrowych systemów do reprodukcji barwnej jest wprowadzenie szybkich, offsetowych maszyn rolowanych do druku dwustronnego(19), w których zastosowano udoskonaloną technikę reprodukcji z kserokopiarki. Te systemy "komputer-papier" pozwalają uzyskać dowolną liczbę tanich odbitek barwnych z pominięciem kosztownego i czasochłonnego procesu przygotowania druku [1, s. 3].

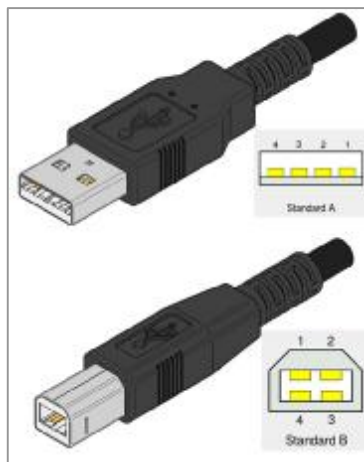
Wszystkie techniki wizualizacji obrazów cyfrowych opierają się na systemie współpracujących ze sobą urządzeń wejścia i wyjścia. Przedstawienie obrazów cyfrowych zapisanych w postaci ciągu bitów oraz przeniesienie ich do komputera daje wiele możliwych rozwiązań. Czasami jednak pojawia się problem ich przesyłu przez odpowiedni port, wtyczkę czyli odpowiedni interfejs. Do najbardziej popularnych interfejsów do transmisji danych multimedialnych zaliczamy najstarszy, ale jeszcze stosowany port równoległy, USB I FireWire.

Port równoległy (Parallel Port) – to port w technice komputerowej, w którym dane są przesyłane jednocześnie kilkoma przewodami, z których każdy przenosi jeden bit informacji. W komputerach klasy PC używa się kilku portów równoległych. Najbardziej znanym jest 25 pinowy port o standardzie Centronics przesyłający jednocześnie 8 bitów informacji z szybkością transmisji 2 MB/s (fot. 7). Najważniejszym zastosowaniem portu równoległego była komunikacja z urządzeniami wymagającymi przesyłu dużych ilości danych z komputera do urządzenia. Dzięki dużej prędkości transferu świetnie nadawał się do podłączania drukarek i skanerów oraz pamięci masowych [9].



Fot. 7. Port równoległy [9]

USB (*Universal Serial Bus* - uniwersalna magistrala szeregowo) – rodzaj portu komunikacyjnego komputerów, zastępującego dotychczas używane porty szeregowo i równoległe.



Rys. 4. Wtyczki USB typ A i B

Port USB jest uniwersalny, pozwala na podłączenie do komputera wielu urządzeń, na przykład kamery wideo, aparatu fotograficznego, skanera, drukarki, przenośnej pamięci USB. Urządzenia są automatycznie wykrywane i rozpoznawane przez system, co umożliwia ich podłączenie i odłączenie bez konieczności wyłączenia czy ponownego uruchamiania komputera. Rozróżniamy porty USB typu A i B (rys. 4) oraz mini USB (rys. 5).



Rys. 5. Wtyczka mini-USB i piny wtyczek mini

Urządzenia USB możemy podzielić na trzy grupy ze względu na prędkość transmisji danych:

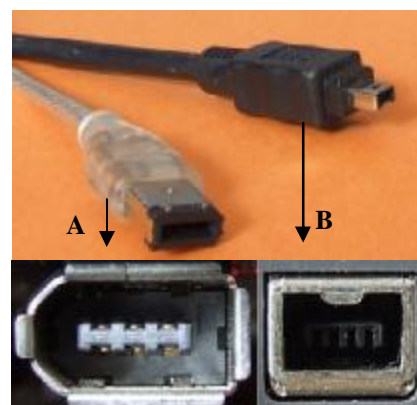
- **USB 1.1 (Full Speed)** o prędkości przesyłu danych 1.5 Mb/s (0.1875 MB/s) lub 12 Mbit/s (1.5 MB/s).
- **USB 2.0 (Hi-Speed)** urządzenia zgodne z warunkami tego typu portu mogą pracować z prędkością 480 Mb/s (60 MB/s), w praktyce uzyskują maksymalną prędkość 320 Mb/s (40MB/s).
- **USB 3.0 (SuperSpeed)** urządzenia zgodne z warunkami tej specyfikacji mogą pracować z prędkością 4,8 Gb/s (600 MB/s). USB 3.0 jest kompatybilne z USB 1.1 oraz 2.0. [9].

FireWire to standard łącza szeregowo umożliwiającego szybką komunikację i synchroniczne usługi w czasie rzeczywistym. Magistrala ta w okrojonej wersji (brak linii zasilających) znana jest również pod nazwą **i.Link**.

FireWire jest szeregową magistralą ogólnego przeznaczenia, jednak ze względu na szybkość transferu danych najczęściej stosowana do celów multimedialnych - przesyłu informacji obrazowej z urządzeń wejścia i wyjścia tj. aparaty cyfrowe dużej rozdzielczości (średnio i wielkoformatowe), kamery cyfrowe wideo (**i.Link**), drukarki wielkoformatowe, urządzenia pamięci masowej.

FireWire obejmuje kilka standardów komunikacji zapewniających transfer rzędu: 100, 200, 400 Mb/s. Specyfikacja **IEEE-1394b** nazwana FireWire 800 dopuszcza przesył z prędkością 800 Mbit/s. Planowane jest zwiększenie maksymalnej szybkości do 2 GB/s. Najnowszy standard **IEEE-1394b** przewiduje również wykorzystanie połączeń optycznych, co umożliwi transfer 3,2 GB/s.

W standardzie FireWire urządzenia połączone w strukturę są równouprawnione, co pozwala na bezpośrednią transmisję pomiędzy urządzeniami dołączonymi do magistrali, bez pośrednictwa komputera. Dzięki temu możliwa jest bezpośrednia komunikacja między



Fot. 8. Wtyczki i gniazda łącza Fire Wire A- i B- **IEEE-1394b** **i.Link**

urządzeniami, na przykład przesyłanie danych pomiędzy skanerem i drukarką bez używania pamięci lub procesora komputera [9].

4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz urządzenia wejścia pozwalające na pozyskanie obrazów cyfrowych?
2. Jakie znasz urządzenia wyjścia pozwalające na wizualizację obrazów cyfrowych?
3. Jakie znasz interfejsy do transmisji danych między urządzeniami pozyskiwania, przetwarzania i wizualizacji obrazów?
4. Jakie są zastosowania portu USB i FireWire?
5. Jaki jest możliwy przebieg cyfrowej metody pozyskiwania i wizualizacji obrazów?
6. Jaki jest możliwy przebieg hybrydowej techniki pozyskiwania i wizualizacji obrazów?
7. Do czego służą naświetlarki?
8. Do czego służą digilaby?

4.5.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Sklasyfikuj urządzenia stosowane w fotografii, zamieniające sygnał analogowy na sygnał cyfrowy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przeczytać materiał nauczania z poradnika dla ucznia i literatury uzupełniającej,
- 2) wypisać wszystkie urządzenia wykorzystywane w procesie obrazowania zamieniające sygnał analogowy na sygnał cyfrowy,
- 3) scharakteryzować wskazane urządzenia,
- 4) określić kryteria podziału,
- 5) dokonać klasyfikacji,
- 6) zapisać efekty pracy,
- 7) zaprezentować wyniki ćwiczenia na forum grupy,
- 8) dołączyć pracę do teczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradniki zawodowe,
- komputer z dostępem do Internetu,
- materiały piśmiennicze.

Ćwiczenie 2

Przygotuj krótką prezentację na temat pozyskiwania danych i wizualizacji obrazów dowolną ścieżką techniki hybrydowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przeczytać materiał nauczania z poradnika dla ucznia i wzbogacić wiadomości z literatury uzupełniającej,

- 2) zaplanować prezentację wybranego urządzenia wejścia,
- 3) zaplanować prezentację wybranego urządzenia wyjścia,
- 4) pozyskać niezbędne pliki graficzne,
- 5) przygotować obrazy w programie graficznym,
- 6) wybrać program do tworzenia prezentacji,
- 7) utworzyć krótką prezentację,
- 8) skonfigurować zestaw multimedialny do prezentacji,
- 9) wydrukować z prezentacji materiały informacyjne dla członków grupy,
- 10) przeprowadzić prezentację na forum grupy,
- 11) zapisać prezentację na płycie CD i dołączyć wraz z materiałami informacyjnymi do teczek dokumentujących realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- urządzenie wyjścia (drukarka, nagrywarka CD),
- urządzenie wejścia (skaner, cyfrowy aparat fotograficzny, napęd CD),
- komputer z oprogramowaniem systemowym, profesjonalnym pakietem biurowym oraz edytorem graficznym,
- rzutnik multimedialny,
- ekran,
- głośniki.

Ćwiczenie 3

Przygotuj krótką prezentację na temat pozyskiwania danych i odtwarzania obrazów na monitorach komputerowych techniką cyfrową.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przeczytać materiał nauczania z poradnika dla ucznia i wzbogacić wiadomości z literatury uzupełniającej,
- 2) zaplanować prezentację wybranego urządzenia wejścia,
- 3) zaplanować prezentację wybranego urządzenia wyjścia,
- 4) pozyskać zaplanowane pliki graficzne wybraną techniką,
- 5) przygotować obrazy w programie graficznym dokonując niezbędnej obróbki cyfrowej,
- 6) wybrać program do tworzenia prezentacji,
- 7) utworzyć krótką prezentację,
- 8) skonfigurować przenośny zestaw multimedialny do prezentacji,
- 9) wydrukować z prezentacji materiały informacyjne dla członków grupy,
- 10) przeprowadzić prezentację na forum grupy,
- 11) zapisać prezentację na płycie CD i dołączyć wraz z materiałami informacyjnymi do teczek dokumentujących realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- urządzenie wyjścia (drukarka, nagrywarka CD),
- urządzenie wejścia (skaner, cyfrowy aparat fotograficzny, napęd CD),
- komputer z oprogramowaniem systemowym, profesjonalnym pakietem biurowym oraz edytorem graficznym,
- laptop,
- rzutnik multimedialny,
- ekran,
- głośniki.

Ćwiczenie 4

Określ możliwości i zasady cyfrowego przenoszenia obrazu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) przeczytać materiał nauczania z poradnika dla ucznia oraz poradników zawodowych,
- 2) określić wszystkie możliwe ścieżki przesyłania obrazu cyfrowego pomiędzy różnymi urządzeniami obrazowania,
- 3) określić interfejsy i porty występujące w różnych urządzeniach do przenoszenia informacji obrazowej,
- 4) pogrupować urządzenia według sposobu wymiany informacji obrazowej,
- 5) określić zasady cyfrowego przenoszenia obrazów określonym sposobem,
- 6) zademonstrować sposób przenoszenia obrazu cyfrowego przynajmniej trzema wybranymi sposobami,
- 7) porównać wybrane metody przenoszenia informacji obrazowej,
- 8) zapisać informacje pozyskane po wykonaniu ćwiczenia,
- 9) dołączyć pracę do teczki dokumentującej realizację ćwiczeń.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- urządzenie wyjścia (drukarka, nagrywarka CD) z różnymi portami do transmisji danych,
- urządzenie wejścia (skaner, cyfrowy aparat fotograficzny, napęd CD) z różnymi portami do transmisji danych,
- komputer z oprogramowaniem systemowym, edytorem graficznym oraz różnymi portami do transmisji danych,
- różne nośniki informacji obrazowej,

4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić urządzenia wejścia pozwalające na pozyskanie obrazów cyfrowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) określić podstawowe urządzenia wyjścia pozwalające na wizualizację obrazów cyfrowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dobrać metodę wizualizacji plików graficznych do przeznaczenia obrazów cyfrowych?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) określić przebieg hybrydowej techniki pozyskiwania i wizualizacji obrazów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) określić przebieg cyfrowej metody pozyskiwania i wizualizacji obrazów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) sklasyfikować interfejsy do transmisji danych między urządzeniami pozyskiwania, przetwarzania i wizualizacji obrazów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) określić zastosowania portu równoległego?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) określić rolę naświetlarki w procesie wizualizacji obrazów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNI

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań dotyczących „Stosowanie elektronicznych metod rejestracji, przetwarzania i wizualizacji obrazu”. Wszystkie zadania są wielokrotnego wyboru i tylko jedna odpowiedź jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej Karcie odpowiedzi: w zadaniach wielokrotnego wyboru zaznacz prawidłową odpowiedź X (w przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową).
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Na rozwiązanie testu masz 45 minut.

Powodzenia!

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Kompresja pliku graficznego to
 - a) zwiększenie objętości pliku.
 - b) odczyt pliku.
 - c) zwiększenie ilości barw w pliku.
 - d) zmniejszenie objętości pliku.
2. W ośmiobitowym zapisie binarnym liczba 35 to
 - a) 00100101.
 - b) 00110001.
 - c) 00100011.
 - d) 00100111.
3. Głębina bitowa opisuje
 - a) maksymalną liczbę barw możliwych do odwzorowania na obrazie.
 - b) minimalną liczbę barw możliwych do odwzorowania na obrazie.
 - c) rzeczywistą liczbę barw występujących na obrazie.
 - d) jakościowe zmiany obrazu.
4. Jednostka ppi określa ilość
 - a) pikseli na jednostkę długości jednego cala.
 - b) pikseli na jednostkę długości jednego centymetra.
 - c) punktów na jednostkę długości jednego centymetra.
 - d) punktów na jednostkę długości jednego cala.
5. Charakterystyczne rozszerzenia formatów zapisu plików graficznych to
 - a) doc, tif, eps.
 - b) gif, tif, pps.
 - c) jpg, tif, gif.
 - d) exe, htm, gif.

6. Zdolność rozdzielcza określa stopień
 - a) odwzorowania drobnych szczegółów na obrazie.
 - b) odwzorowania barw na obrazie.
 - c) kompresji obrazu cyfrowego.
 - d) odzwierciedlenia oryginału.

7. Największą liczbę barw można uzyskać dla głębi bitowej równej
 - a) 8 b/px.
 - b) 16 b/px.
 - c) 2 b/px.
 - d) 24 b/px.

8. Kilobajt jest równy
 - a) 1000 B.
 - b) 1024 B.
 - c) 1000 b.
 - d) 1024 b.

9. Urządzeniem wejścia nie jest
 - a) aparat cyfrowy.
 - b) drukarka.
 - c) kamera cyfrowa.
 - d) skaner.

10. Jaki sprzęt należy zastosować do wykonania odbitki fotograficznej z pliku cyfrowego?
 - a) Koreks.
 - b) Digilab.
 - c) Minilab.
 - d) Procesor.

11. Elektroniczna technika rejestracji obrazu obejmuje następujące etapy
 - a) naświetlenie materiału fotograficznego, obróbkę chemiczną, kopiowanie negatywu, obróbkę chemiczną.
 - b) naświetlenie elektronicznego detektora obrazu, transmisję danych do komputera, obróbkę cyfrową obrazu, naświetlenie papieru fotograficznego z pliku graficznego, obróbkę chemiczną materiału.
 - c) naświetlenie elektronicznego detektora obrazu, transmisję danych do komputera, obróbkę cyfrową obrazu, wydruk obrazu na papierze fotograficznym z pliku graficznego.
 - d) naświetlenie materiału fotograficznego, obróbkę chemiczną, skanowanie negatywu, transmisję danych do komputera, obróbkę cyfrową obrazu, prezentacja multimedialna.

12. Detektor chemiczny
 - a) wymaga obróbki elektronicznej.
 - b) zamienia sygnał świetlny na sygnał elektryczny.
 - c) jest detektorem skanującym.
 - d) jest detektorem powierzchniowym.

13. Obraz cyfrowy przeznaczony do prezentacji multimedialnej na ekranie monitora należy przygotować w rozdzielczości
- 50 ppi.
 - 72 ppi.
 - 150 ppi.
 - 300 ppi.
14. Obraz w trybie skala szarości należy zapisać z głębią
- 2 b/px.
 - 8 b/px.
 - 16 b/px.
 - 24 b/px.
15. Dyskretyzacja polega na
- podziale całego obrazu na małe, jednakowej wielkości, regularnie rozmieszczone fragmenty.
 - na zastąpieniu ciągłego przedziału liczbowego, odpowiadającego wartościom luminancji punktów nieskwantowanego obrazu od bieli do czerni skończonym zbiorem wartości z tego przedziału.
 - zastąpieniu ciągów takich samych znaków występujących po sobie informacją o liczbie wystąpień tej samej danej.
 - podziale obrazu cyfrowego na bloki o rozmiarze 8x8 pikseli i opisaniu ich funkcją zmiany odcienia i barwy.
16. Stratnym formatem zapisu jest
- GIF.
 - TIFF.
 - PSD.
 - JPEG.
17. Obrazy przedstawione poniżej różnią się
- głębią bitową.
 - trybem koloru.
 - rozdzielczością.
 - jasnością.



Fot. do zadania testowego nr 17

18. Parametrem obrazu cyfrowego nie jest
- rozdzielczość.
 - model barw.
 - głębia bitowa.
 - format zapisu.

19. Obraz zapisany w standardzie True Color pozwala na odwzorowanie

- a) 256 poziomów szarości.
- b) 256 barw.
- c) 65.5 tysiąca barw.
- d) 16.7 mln barw.

20. Obraz przedstawiony obok zapisano z głębią

- e) 1 b/px.
- f) 2 b/px.
- g) 3 b/px.
- h) 4 b/px.



KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Stosowanie elektronicznych metod rejestracji, przetwarzania i wizualizacji obrazu

Zaznacz poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1.	a	b	c	d	
2.	a	b	c	d	
3.	a	b	c	d	
4.	a	b	c	d	
5.	a	b	c	d	
6.	a	b	c	d	
7.	a	b	c	d	
8.	a	b	c	d	
9.	a	b	c	d	
10.	a	b	c	d	
11.	a	b	c	d	
12.	a	b	c	d	
13.	a	b	c	d	
14.	a	b	c	d	
15.	a	b	c	d	
16.	a	b	c	d	
17.	a	b	c	d	
18.	a	b	c	d	
19.	a	b	c	d	
20.	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Agfa – podręcznik skanowania: Zaproszenie do skanowania cyfrowe przygotowanie druku barwnego tom IV
2. Agfa – podręcznik na płycie CD: Color management
3. Daly Tim: Encyklopedia fotografii cyfrowej. Wydawnictwo G+Jgruner+Jahr Polska Sp. Z o.o. & Co. Spółka Komandytowa, Warszawa 2004
4. Fedak J.: Fotografia cyfrowa od A do Z. MUZA S.A., Warszawa 2004
5. G.M.: Formaty zdjęć cyfrowych. Fotografia cyfrowa 1/2005 Warszawa
6. Heim K.: Metody kompresji danych. Mikom, Warszawa 2000
7. Kamiński B.: Prepress i barwy. Translator s.c. Warszawa 1997
8. [online] <http://heading.pata.pl/kompeyf.htm> Jacek Tomczak - Janowski 07-10-2000
9. [online] <http://pl.wikipedia.org/>
10. [online] http://pl.wikipedia.org/wiki/Historia_fotografii
11. [online] http://wazniak.mimuw.edu.pl/index.php?title=Teoria_informacji/TI_Wyk%C5%82ad_1
12. [online] http://www.fotografuj.pl/News/75_procent_profesjonalistow_nadal_korzysta_z_fotografii_analogowej/id/880
13. Ostrowski M. (koordynator): Informacja obrazowa. WNT, Warszawa 1992