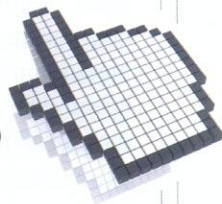
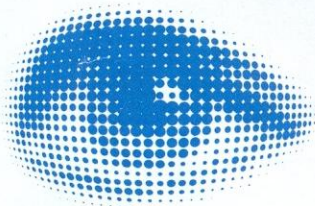


2

Budowa obrazu rastrowego i wektorowego



Najbardziej ogólny podział metod opisywania obrazów (grafiki, rysunków, zdjęć) za pomocą komputera dotyczy sposobu ich tworzenia. Gdy obraz jest zbudowany z małych kwadratów zwanych pikselami, wówczas mamy do czynienia z tzw. grafiką rastrową. Jeśli natomiast obraz jest opisany równaniami matematycznymi, reprezentuje on grafikę wektorową. Taki podział można zastosować do programów graficznych. **Paint**, **Corel PHOTO-PAINT**, **Paint Shop Pro**, **Adobe Photoshop**, **Gimp** to przykłady programów do tworzenia bądź modyfikowania obrazów rastrowych i fotografii. Z kolei **CorelDRAW** oraz **Inkscape** są najbardziej znanymi programami grafiki wektorowej. Do tej kategorii programów zalicza się również systemy **CAD** (ang. *Computer Aided Design*), np. **AutoCAD**, **Inventor**, **Solid Edge**.



2.1. Grafika rastrowa – modele kolorów, podstawowe formaty graficzne

Łatwo sobie wyobrazić budowę **obrazu rastrowego** jako siatkę ekranu monitora, której każdy punkt (piksel) jest zapamiętywany w pamięci komputera w formie współrzędnych (x , y) oraz kodu koloru. Zakres tych współ-

rzędnych i sposób kodowania kolorów decydują o jakości obrazów wyświetlanych na ekranie. Przykładowo, monitor o rozdzielczości 1920x1080 może wyświetlić obraz składający się z 2 073 600 pikseli. Z kolei zdolność monitora do wyświetlania wielkiej liczby barw (np. do 16,7 miliona) wynika z tzw. **głębi kolorów**. Pojęcie to odnosi się do liczby kolorów, jaką może przedstawić pojedynczy piksel. Piksel o głębi wynoszącej 1 bit wyświetla jedynie kolor czarny lub biały. Piksel o głębi 8 bitów wyświetla 2^8 , czyli 256 kolorów. Wspomniane 16,7 miliona kolorów wynika z głębi wynoszącej 24 bity (ang. *true color*).

U podstaw rozważań teoretycznych dotyczących jakości obrazów rastrowych leży głębia kolorów (to już wyjaśniliśmy) i związane z tym pojęcie modeli kolorów. Wyróżniamy trzy modele:

- **RGB** (ang. *Red, Green, Blue* – czerwony, zielony, niebieski),
- **CMYK** (ang. *Cyan, Magenta, Yellow, black* – jasnyniebieski, purpurowy, żółty, czarny),
- **HSB** (ang. *Hue, Saturation, Brightness* – barwa, nasycenie, jasność).

Z modelem **RGB** mamy do czynienia, gdy przedstawiamy obraz na ekranie monitora. Jest on również używany w aparatach cyfrowych i skanerach. Wykorzystano w nim właściwości oka ludzkiego, w którym wrażenie widzenia dowolnej barwy powstaje przez zmieszanie, w ustalonych proporcjach, trzech wiązek światła: czerwonego, niebieskiego i zielonego. Model **CMYK** jest stosowany w drukarkach i kserokopiarkach, w których kolor czarny teoretycznie powinno się uzyskać ze zmieszania

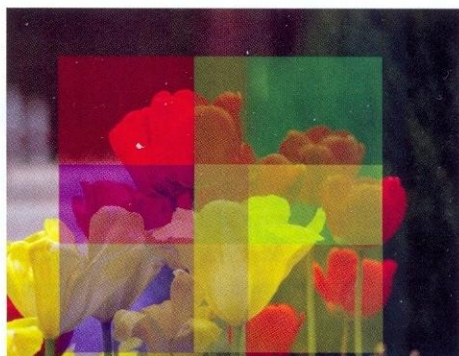
trzech pierwszych barwników (*cyjan, magenta, yellow*). W rzeczywistości otrzymuje się kolor brązowy. Poza tym drukowanie czarnego tekstu ze złożenia tych trzech barw jest nieekonomiczne i powoduje powstawanie kolorowych obwódek wokół liter. Dlatego też model CMY został rozszerzony o kolor czarny do modelu CMYK. Oczywiście wynikają z tego problemy dokładnego odwzorowania kolorów prezentowanych na monitorze (RGB) przez drukarkę (CMYK), ale z tym współczesne programy graficzne już sobie radzą.

Ciekawym pomysłem, opartym na właściwościach oka ludzkiego, jest zdefiniowanie kolorów w modelu **HSB**. Dostyc często operuje się tymi pojęciami w opisie obrazu, mówiąc o konkretnym kolorze (barwa), jego czystości (nasycenie) i intensywności (jasność), co jest zgodne z intu-

a)



b)



Rysunek 9. Warstwy w grafice rastrowej: a) kolaż zdjęć, b) cztery kolorowe prostokąty o współczynniku przezroczystości wynoszącym 30% nałożone na zdjęcie tulipanów

icją i naturalnym sposobem wybierania koloru. W profesjonalnych programach grafiki rastrowej wykorzystuje się tzw. technikę **warstw**, na których niezależnie umieszcza się poszczególne elementy tworzące kompozycję graficzną. Dzięki możliwości zmiany kolejności ich ułożenia uzyskuje się interesujące rezultaty, np. kolaż zdjęć (rys. 9). Kolejność i układ tych zdjęć mogą być inne, można także wprowadzić efekt **przezroczystości**. Pojęcie to określa, w jakim stopniu będzie widoczna treść obrazu znajdująca się pod daną warstwą. Regulując stopień przezroczystości obrazu, można tworzyć ciekawe obrazy.

ZADANIE 2.1. Otwórz dowolny plik ze zdjęciem w programie graficznym, np. **Paint**. Wyświetl je w rzeczywistym rozmiarze, a następnie powiększ tak, aby zobaczyć poszczególne piksele składające się na obraz (rys. 10).



Rysunek 10. Wykadowany fragment obrazu bitmapowego (na dole) powiększony ośmiokrotnie w stosunku do obrazu (na górze)

Cechą charakterystyczną grafiki rastrowej jest to, że przy jej znacznym powiększeniu widoczne są poszczególne piksele, z których jest zbudowany obraz.

ZADANIE 2.2. Uruchom dowolny program graficzny (np. **IrfanView**) i ustal w nim rozmiar obrazu na 800×400 pikseli¹. Skorzystaj z podstawowych narzędzi programu i narysuj obrazek, a potem zapisz go na dysku w różnych formatach **mapy bitowej** (głębokości kolorów) – rys. 11:

- **Grafika_24bity.bmp** – 24-bitowa głębokość kolorów (16,7 miliona kolorów),
- **Grafika_8bitow.bmp** – 8-bitowa głębokość kolorów (256 kolorów),
- **Grafika_4bity.bmp** – 4-bitowa głębokość kolorów (16 kolorów).

Czy potrafisz obliczyć rozmiary utworzonych plików?

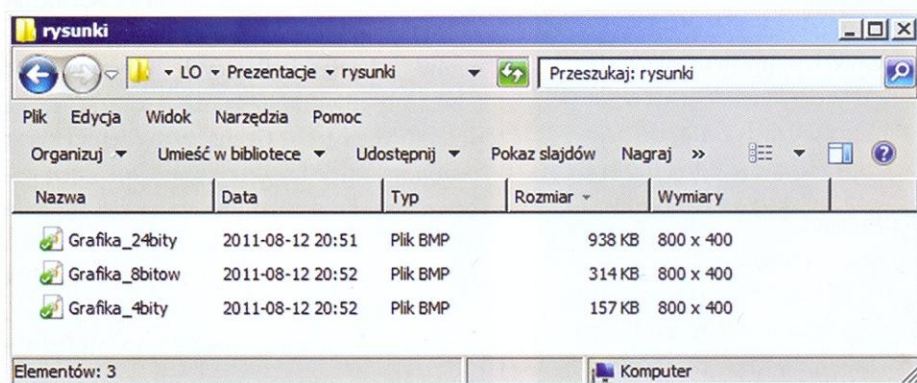
Sposób obliczania rozmiarów plików graficznych, będących mapami bitowymi, jest bardzo prosty. Rozważmy pierwszy przypadek. Rozdzielczość obrazu wynosi $800 \times 400 = 320\,000$ pikseli. Liczba możliwych kolorów każdego punktu ekranu jest reprezentowana przez 24 bity, czyli 3 bajty.

Obraz zajmuje na dysku:
 $320\,000 \times 3$ bajty = 960 000 bajtów = 938 KB.

W rzeczywistości wielkość pliku będzie wynosiła dokładnie 960 054 bajty. Te dodatkowe 54 bajty zajmuje nagłówek pliku BMP (mapa bitowa). Jest tu m.in. zapisana informacja o szerokości i wysokości obrazu w pikselach, liczbie kolorów w palecie, liczbie bitów na piksel, wielkości całego pliku w bajtach. Więcej na ten temat możesz przeczytać w **Wikipedii**. Samodzielnie wykonaj obliczenia dla pozostałych map bitowych.

Cechą charakterystyczną pliku zapisanego w formacie BMP jest to, że bez względu na stopień skomplikowania rysunku jego rozmiar zależy od rozdzielczości obrazu i głębokości kolorów.

Ze względu na duży rozmiar zapisywanych plików formatu BMP nie stosuje się w prezentacjach multimedialnych, szczególnie tych, które umieszcza się w internecie. Praktyczne zastosowanie znalazły formaty graficzne: GIF i PNG – w tym przypadku następuje **bezzstratna kompresja** danych,



Nazwa	Data	Typ	Rozmiar	Wymiary
Grafika_24bity	2011-08-12 20:51	Plik BMP	938 KB	800 x 400
Grafika_8bitow	2011-08-12 20:52	Plik BMP	314 KB	800 x 400
Grafika_4bity	2011-08-12 20:52	Plik BMP	157 KB	800 x 400

Rysunek 11. Ten sam obraz zapisany z różną liczbą kolorów

¹ W programie IrfanView należy zastosować polecenie **Obraz | Utwórz nowy (pusty) obraz**.

a także format JPEG – tu zachodzi **kompresja stratna**.

Kontynuując poprzedni przykład, zapiszmy namalowany wcześniej obraz we wspomnianych formatach: **Grafika.gif**, **Grafika.png**, **Grafika.jpg**. Otrzymamy pliki o wiele mniejszych rozmiarów – od kilku do kilkunastu KB. Nie podajemy dokładnej wartości, ponieważ nie sposób ją obliczyć, tak jak dla mapy bitowej BMP. **Stopień kompresji** zależy bowiem od stopnia złożoności rysunku.

Czy takie zmniejszenie rozmiaru pliku graficznego ma wpływ na jakość zawartego w nim obrazu? Tak, ale przy zachowaniu kontroli stopnia kompresji podczas jej wykonywania różnice w jakości obrazu będą niewielkie, a nawet niezauważalne.



Ogólne zasady związane z kompresją plików graficznych opierają się na:

- ograniczeniu palety kolorów – bardzo dobre rezultaty uzyskuje się przy kompresji obrazów zawierających proste elementy graficzne, natomiast w przypadku fotografii, na których kolory mieszają się ze sobą, dając łagodne przejścia tonalne barw, po kompresji jakość obrazu się pogarsza;
- zmniejszeniu rozdzielczości obrazu – dobre wyniki kompresji uzyskuje się przy zapisie fotografii, natomiast w skompresowanych obrazach graficznych, zawierających regularne kształty, mogą się pojawić wyraźne „krzywe schodkowe”;
- eliminowaniu powtarzających się fragmentów obrazu i zastępowaniu ich skompresowanymi zapisami – te czynności nie powodują utraty jakości obrazu, dlatego tę metodę określa się mianem kompresji bezstratnej.

Dotychczas wymieniliśmy cztery formaty plików graficznych:

■ **BMP** (ang. *bitmap*) – w nim nie stosuje się żadnej kompresji; nie nadaje się on do zapisywania plików graficznych umieszczanych w internecie, gdyż zajmuje zbyt dużo pamięci. Pliki w tym formacie można zapisywać z dowolną głębią kolorów: jako mapę monochromatyczną (dwa kolory), mapę 16-kolorową, 8-bitową, 16-bitową, 24-bitową.

■ **GIF** (ang. *Graphics Interchange Format*) – nadaje się do zapisu obrazów o ostrych krawędziach i wyraźnych granicach kolorów, nie jest jednak polecany do fotografii, ponieważ stosowana w nim kompresja opiera się głównie na ograniczeniu do 256-kolorowej palety barw. W tym formacie można tworzyć plik z prostą animacją – tzw. animowany GIF – poprzez połączenie kilku podobnych obrazów w jeden plik.

■ **PNG** (ang. *Portable Network Graphics*) – często traktowany jako następca formatu GIF. Jest w nim stosowana kompresja bezstratna. Pliki w tym formacie można zapisać z pełną 24-bitową paletą kolorów, a w obrazach uzyskać przezroczystość o 256 stopniach „prześwitowania”, co pozwala na „wtapianie” grafiki w tło innego obrazu lub strony internetowej. Ten format nie umożliwia tworzenia animacji (tak jak GIF).

■ **JPEG** (ang. *Joint Photographic Experts Group File Interchange Format*) – format wymiany plików zaprojektowany do obrazów odzwierciedlających rzeczywistość z jakością fotograficzną, czyli z dużą liczbą przejść tonalnych. Cechą tego formatu jest zastępowanie pikseli podobnego koloru kolorem uśrednionym. Jest to zatem metoda oparta na stosowaniu kompresji stratnej, przy czym stopień tej kompresji można ustalać dowolnie. Należy dobrać go tak, aby skompresowany obraz wizualnie nie różnił się od oryginału.

Warto też wspomnieć o formacie **TIFF** (ang. *Tagged Image File Format*), który jest często

stosowany w systemach **DTP** (ang. *Desktop Publishing*) – dosłownie: publikowanie z za biurka, czyli przygotowanie na komputerze publikacji do druku. Tworzone pliki można zapisywać bez kompresji lub z kompresją bezstratną, według różnych algorytmów. Ponadto w tym formacie można zapisywać grafikę nie tylko w modelu RGB, ale także w 48-bitowym modelu CMYK.



Zapisując na dysku obraz rastrowy zbudowany z warstw, doprowadzamy do jego „spłaszczenia” – obraz staje się jednowarstwowy.

Na rysunku 12 przedstawiono tę samą fotografię o rozdzielczości 400 x 300 pikseli, różnej głębi kolorów, zapisaną w różnych formatach. Potrafisz już obliczyć i wiesz, że mapa

bitowa takiej fotografii zajmuje na dysku $400 \times 300 \times 3$ bajty = 352 KB, a w przypadku 16 kolorów – 60 KB.

Przy jej zapisywaniu zastosowano:

- kompresję najmniejszą z możliwych w formacie JPG (rozmiar pliku wynosi 88 KB);
- kompresję na poziomie 50% w formacie JPG (rozmiar pliku wynosi 11 KB) – mimo prawie dziesięciokrotnego zmniejszenia wielkości pliku rezultat jest zadowalający;
- maksymalną kompresję w formacie JPG (rozmiar pliku wynosi 4 KB), co spowodowało wyraźne ograniczenie głębi kolorów;
- format GIF, wprowadzono ograniczenie palety barw do 256 kolorów (rozmiar pliku wynosi 61 KB) – mimo stosunkowo dużej wielkości pliku obraz jest wyraźnie „ziarnisty”.

Poniższe zdjęcie zapisano także w formatach PNG i TIFF, uzyskując bardzo dobre



Dobra_jakosc.jpg – 88 KB



Zła_jakosc.jpg – 4 KB



256_kolorow.gif – 61 KB



16_kolorow.bmp – 60 KB

Rysunek 12. Ta sama fotografia zapisana w różnych formatach, z różną kompresją danych i różną głębią kolorów


rezultaty. Warto zwrócić uwagę na wielkości otrzymanych plików:

- dla formatu PNG jest to wartość ok. 280 KB;
- dla formatu TIFF, w modelu CMYK przy zastosowaniu kompresji według algorytmu LZW, jest to wartość ok. 390 KB, a bez kompresji – wartość jeszcze większa, bo ok. 470 KB.

ZADANIE 2.3. W zasobach elektronicznych zamieszczono zdjęcie z rys. 12 pomniejszone do rozmiarów 400 x 300 pikseli. Zostało ono zapisane na dysku w formacie BMP, zatem wielkość pliku wynosi 352 KB. Skorzystaj z dowolnego programu graficznego i zapisz tę fotografię w różnych formatach, z różną kompresją. Skomentuj otrzymane wyniki.



Pliki graficzne trzeba kompresować z wyczuciem, aby pogodzić dwie kwestie: dobrą jakość obrazu z małą wielkością pliku. Z tego powodu w internecie najczęściej zamieszcza się pliki graficzne zapisane w formatach JPG, GIF i PNG.

ZADANIE 2.4. Zapoznaj się z ogólnym opisem idei (algorytmu) kompresowania plików graficznych zamieszczonym w zasobach elektronicznych .

2.2. Grafika wektorowa – obiekty

W grafice wektorowej obraz nie jest zapamiętywany jako zbiór punktów (jak w grafice rastrowej), lecz każdy element jest opisany odpowiednimi wyrażeniami matematycznymi, które zawierają m.in. informacje o jego położeniu, wielkości, kształcie, konturze, wypełnieniu i kolorze. Zapewnia to wiele korzyści.

Obraz składa się z niezależnych **obektów**² nakładanych na siebie, które można rozdzielić, a także zmienić kolejność ich nakładania. Na rysunku 13 znajduje się znak zapytania, który powstał w wyniku złożenia pięciu obiektów: dwóch okręgów czarnego i niebieskiego, dwóch pytajników oraz kropki pytajnika. Obiekty czarne są nieco większe i dlatego w wyniku nałożenia na nie obiektów niebieskich otrzymano charakterystyczny kontur.



Rysunek 13. Znak zapytania składający się z pięciu obiektów

Na rysunku 14 pokazano z kolei różne efekty związane z nakładaniem na siebie kwadratów i okręgów. Pierwszy rysunek został utworzony z dwóch kwadratów – ten *pod spodem* jest wypełniony czarnym kolorem, ten *na wierzchu* białym kolorem. Po usunięciu konturu kwadratu bez wypełnienia otrzymano kształt kątownika. Według tej samej zasady został utworzony kolejny rysunek, jednak tym razem w wyniku nałożenia dwóch okręgów uzyskano kształt półksiężyca.



Rysunek 14. Różne efekty nakładania obiektów na siebie

Zmiana rozmiarów obrazu nie wpływa na jego jakość. Na rysunku 15 w pierwszym rzędzie przedstawiono dwa obrazy wektorowe, a w drugim – dwa obrazy rastrowe. Po ich dwukrotnym powiększeniu obraz wektorowy zachowuje dobrą jakość (kontury rysunku są regularne), a obraz rastrowy traci na jakości (w liniach ukośnych wyraźnie widać „schodki”).

² Obiektem w programach graficznych jest dowolny element utworzony lub umieszczony na rysunku, np. punkt, krzywa, figura, tekst.