

Piotr Bojarski
Anna Waszkiel
Akademia Morska w Gdyni

WYKORZYSTANIE HISTOGRAMU W PROCESIE KOREKTY OBRAZU CYFROWEGO

Histogram jest graficznym przedstawieniem wszystkich stopni jasności występujących w obrazie. Histogram każdego obrazu jest unikatowy. Niemniej jednak z jego ogólnych cech można wnioskować o poprawności rejestracji obrazu. W procesie korekty wykorzystuje się go jako źródło informacji o tonach znajdujących się w obrazie. Jego modyfikacja, polegająca na rozciąganiu, przesuwaniu i wyrównywaniu, pozwala na uzyskanie obrazu, w którym znajdują się wszystkie możliwe jasności, a sam obraz jest postrzegany jako prawidłowo naświetlony.

WSTĘP

Wśród wielu dziedzin, które uległy przeobrażeniu w wyniku rozwoju techniki cyfrowego przetwarzania sygnałów, jest proces rejestracji obrazów, tradycyjnie nazywany fotografią. Cyfrowa rejestracja obrazów osiągnęła w ostatnich latach tak wysoką jakość, że dalsze rozważania, czy dorówna ona rejestracji analogowej, stały się bezzasadne. Jedną ze szczególnych zalet obrazu „zapisanego” w technice cyfrowej jest, niespotykany dotychczas, zakres możliwej korekty jego parametrów. Pozwala to na znaczną poprawę jakości obrazu, a także umożliwia przetworzenie obrazu, takie jak zmiana barwy, proporcji czy dodanie lub wyeliminowanie wybranych elementów kompozycji.

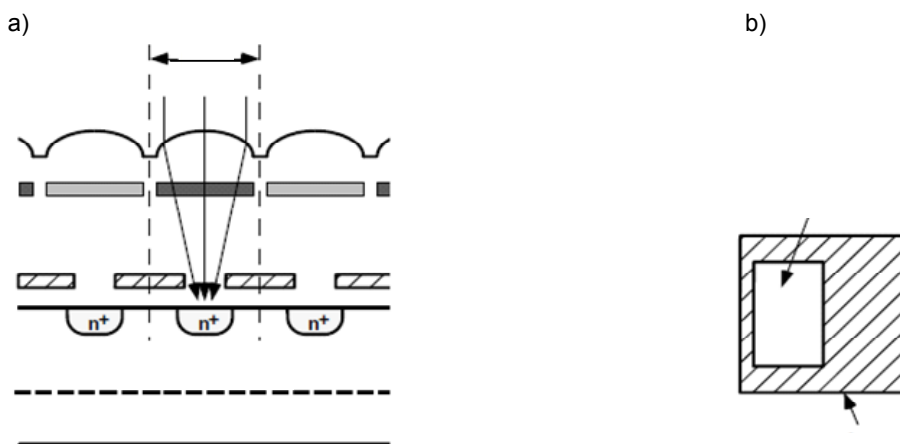
Do korekty obrazu cyfrowego, modyfikującej rozkład naświetlenia, wydobywającej szczegóły czy poprawiającej kontrast, wykorzystuje się **histogram**. Jest to graficzne przedstawienie statystycznego rozkładu występowania elementów (pikseli) o danej jasności w zarejestrowanym obrazie. Histogram pozwala na szybką ocenę poprawności rejestracji obrazu, a jego umiejętna korekta na znaczną poprawę jakości ostatecznego zapisu (odwzorowania) fotografii.

1. ELEKTRONICZNA REJESTRACJA OBRAZU

Obraz to informacja przedstawiona w formie graficznej, którą można oglądać, przechowywać i przetwarzać. Obecnie najczęściej wykorzystywaną formą rejestracji informacji tego typu jest fotografia cyfrowa, a otrzymany obraz tradycyjnie

nazywa się zdjęciem. Aby uzyskać obraz, należy zarejestrować zjawiska świetlne, które pozwolą go później odtworzyć narządem wzroku, czyli zobaczyć. W tradycyjnej fotografii rolę elementu rejestrującego pełniła srebrna błona fotograficzna, która była poddawana procesowi wywoływania i utrwalania. Obecnie zadanie to spełnia elektroniczny układ światłoczuły – matryca współpracująca z konwencjonalnym układem optycznym – obiektywem.

Matryca jest układem o kształcie prostokąta, zbudowanym z pojedynczych elementów światłoczułych, tzw. pikseli. Jest ona bezpośrednio połączona z układami sterującymi i odczytującymi. Układy sterujące pozwalają na elektroniczną regulację czasu naświetlania pikseli, czyli spełniają rolę migawki. Umożliwiają włączanie matrycy na określony czas – tym krótszy, im większe jest natężenie światła, związane z fotografowanym obiektem. Dzięki zastosowaniu układów odczytu możliwe jest uzyskanie danych informujących o jasności, czyli ilości światła odebranego przez każdy z pikseli. Ta elektroniczna tablica dostarcza sygnał proporcjonalny do liczby fotonów padających na każdy z jej elementów w czasie naświetlania. Konstrukcję pojedynczego piksela w matrycy światłoczułej pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Uproszczona struktura piksela: a) przekrój, b) widok z góry [4]

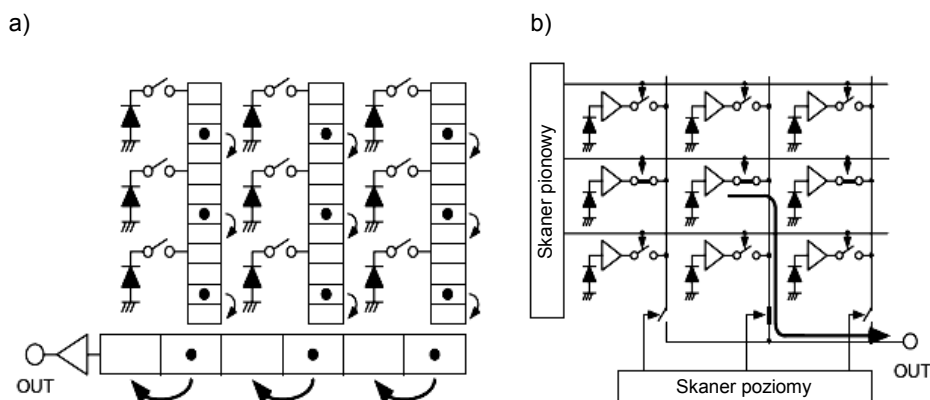
Matryce światłoczułe stosowane współcześnie są układami scalonymi o bardzo dużej skali integracji (VLSI), wytwarzanymi na podłożu krzemowym i stanowią rozbudowane przetworniki, wykorzystujące zjawisko fotoelektryczne, występujące w krzemie. Obecnie matryce wytwarzane są w technologii CCD lub CMOS. Zasadnicza różnica w ich konstrukcji jest taka, że w CCD piksele zbudowane są z fotodiod, a w CMOS – z fotobramek (struktur aktywnych). W technologii CMOS wykorzystano koncepcję aktywnego piksela. Polega ona na dołączeniu bezpośrednio do każdego piksela układu wzmacniającego. Takie rozwiązanie pozwala wzmacniać sygnał bezpośrednio po jego generacji, ale zajmuje miejsce w matrycy (rys. 2b). Powoduje to zmniejszenie powierzchni aktywnej piksela. Powierzchnia ta decyduje o liczbie fotonów akumulowanych w jednostce czasu. Wraz z jej wzrostem rośnie ilość światła, która może być pochłonięta.

Piksele, poza sygnałem użytecznym, wytwarzają, jak wszystkie układy elektroniczne, również szumy. Ich poziom zależy m.in. od jakości wykonania poszczególnych elementów, wykorzystanej technologii, a także temperatury pracy. Przy zastosowaniu wzmocnienia sygnału użytecznego oczywiście wzmacnia się również szum. Należy to uwzględnić, tworząc matrycę aktywnych pikseli (CMOS). Sygnału nie można wzmacniać w nieskończoność, a w praktyce w im mniejszym stopniu trzeba to robić, tym lepszy efekt można uzyskać. Dlatego wykorzystuje się piksele o możliwie jak największej powierzchni, pochłaniające większą liczbę fotonów w danym czasie, ponieważ nie wymagają one stosowania wzmacniaczy o bardzo dużym wzmocnieniu. Wynika stąd, że ważniejszym parametrem jest rozmiar matrycy, a przez to rozmiar poszczególnych pikseli, niż ich liczba, która zaczyna odgrywać znaczącą rolę (rozdzielczość rejestracji obrazu) dopiero przy bardzo dużych powiększeniach. Należy tu podkreślić, że szum, powstający w procesie cyfrowej rejestracji, jest jedynie czynnikiem destrukcyjnym i jego oddziaływanie nie może być wykorzystane podobnie do efektu „ziarnistości” materiałów analogowych w fotografii artystycznej.

Matryca jest układem elektronicznym używanym wielokrotnie, w przeciwieństwie do tradycyjnej błony światłoczułej, którą się naświetla tylko raz. W związku z tym konieczny jest transfer informacji, zarejestrowanych w procesie naświetlania poszczególnych elementów światłoczułych matrycy, do układów przetwarzania i pamięci. Po zakończeniu ekspozycji elementów światłoczułych ładunki powstałe w matrycy są przesyłane kolejno z poszczególnych elementów do wspólnej struktury wyjściowej (matryca CCD – rys. 2a) Ładunki z poszczególnych wierszy (V-CCD) transmitowane są kolejno w dół do rejestru poziomego (H-CCD), przez który są przenoszone do wzmacniacza wyjściowego i zamieniane na odpowiadający im poziom napięcia. Następnie sygnał w tej postaci przesyłany jest do przetwornika a/c, znajdującego się poza układem matrycy. Taki sposób odczytywania danych, dotyczących jasności z poszczególnych elementów światłoczułych, wymaga prawie doskonałej sprawności transferu ładunków. Wiąże się to z zastosowaniem bardzo dobrych tranzystorów i rozwiniętej technologii przesyłu [2, 4].

W matrycach CMOS konwersja ładunku na napięcie odbywa się w każdym pikselu osobno, przy użyciu trójtranzystorowego wzmacniacza. Dodatkowo poszczególne elementy adresuje się w sposób wykorzystujący ich położenie w układzie. Dane z matrycy CMOS odczytuje się za pomocą dwóch skanerów: rzędowego (pionowego) i kolumnowego (poziomego)¹ (rys. 2b). Skaner pionowy dostarcza impulsu, za pomocą którego wybiera się odpowiedni rząd, oraz impulsu resetującego do pikseli, z których dane zostały już odczytane. Zadaniem skanera poziomego jest przeszukanie kolumny podczas każdego cyklu zegarowego, któremu odpowiada długość impulsu układu przeszukującego rzędy.

¹ Skaner rzędowy nazywany jest również pionowym, ponieważ odczytuje dane w pionie, ale daje informacje o jasności pikseli z kolejnych wierszy. Skaner kolumnowy jest nazywany poziomym, ponieważ odczytuje informacje w poziomie, ale daje informacje o jasności pikseli z poszczególnych kolumn.



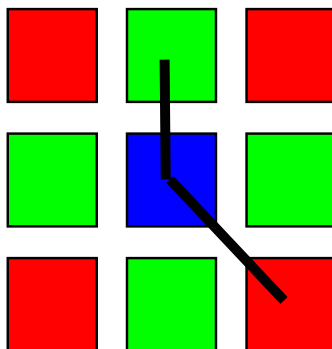
Rys. 2. Schematy odczytywania danych z matrycy światłoczułej: a) CCD b) CMOS [2]

W układach CCD ładunki są konwertowane na napięcie w końcowej fazie czytania z matrycy, przy zastosowaniu jednego układu dla wszystkich pikseli. Również w całej matrycy wykorzystywany jest jeden wzmacniacz napięciowy. Daje to w efekcie mniejsze i w przybliżeniu stałe napięcie niezrównoważenia wzmacniacza. W przypadku układów CMOS każdy wzmacniacz znajdujący się w pikselu charakteryzuje się swoją wartością napięcia niezrównoważenia, co po odczytaniu danych z matrycy powoduje powstawanie szumu modelu (FPN). Szum ten pogarsza jakość obrazu i może być czynnikiem dyskwalifikującym taki układ w pewnych zastosowaniach.

Struktura matrycy CCD sprawia, że przesyłany jest w niej ładunek, a nie napięcie. Im dłuższa droga przesyłu, tym większe prawdopodobieństwo zakłócenia przekazywanej w tej formie informacji. W związku z tym w pierwotnej wersji matryc CCD jakość obrazu była zależna od odległości piksela od rejestru przesuwanego, więc inna w różnych częściach obrazu. Im odległość ta była większa, tym wystąpienie szumu czy zniekształceń w obrazie było bardziej prawdopodobne. Obecnie problem ten został praktycznie rozwiązany poprzez zastosowanie tranzystorów o bardzo dobrej jakości i zwiększenie sprawności układu.

Konstrukcja matrycy ma również wpływ na szybkość zapamiętywania rejestrowanego obrazu. Układ CMOS, ze względu na sposób pracy, w tym aspekcie przewyższa konstrukcję CCD. Ponadto w układach CMOS możliwe jest odczytywanie informacji pochodzących jedynie z tych pikseli, których jasność uległa zmianie. Jest to proces bardzo szybki, możliwy dzięki zastosowaniu tzw. adresowania X-Y. Ta technika jest wykorzystywana np. przy analizie ruchu.

Piksele w matrycy rejestrują jedynie natężenie światła, a nie jego barwę. Odtworzenie kolorów w obrazie możliwe jest tylko dzięki zastosowaniu filtrów barwnych, pokrywających całą tablicę (rys. 3). Dla poprawy parametrów funkcjonalnych pojedynczych pikseli są one wyposażone w indywidualne mikrosoczewki. Takie rozwiązanie pozwala skupić światło i poprawia równomierność oświetlenia powierzchni światłoczułej. Uzyskuje się w efekcie zwiększenie czułości matryc zarówno CMOS, jak i CCD [4].



Rys. 3. Budowa filtru barwnego przykrywającego matrycę. Zaznaczono różnicę odległości „uśrednianych” pikseli

2. REJESTRACJA OBRAZU – FORMAT ZAPISU

Kolejnym ważnym czynnikiem w procesie cyfrowej rejestracji obrazu jest przyjęty format jego zapisu. W technice cyfrowej nie jest rejestrowany obraz jako taki, tylko wartości napięcia odpowiadające jasności poszczególnych pikseli, czyli ilości odebranego przez nie światła. W cyfrowo „obrabianym” obrazie możliwy jest oczywiście zapis jedynie sygnałów skwantowanych. W przypadku rejestracji obrazów monochromatycznych wykorzystano 256 poziomów kwantyzacji – różnych wartości jasności. Pozwala to na dokonanie zapisu jasności jednego piksela w jednym bajcie pamięci, gdzie 0 odpowiada kolorowi czernemu, a 255 (11111111 w zapisie binarnym) – kolorowi białemu [3]. Dobór poziomów kwantyzacji został uzależniony od charakterystyki wzroku ludzkiego, dzięki czemu obserwator widzi obraz jako ciągły w sensie jasności. Dla odwzorowania kolorów matryca jest pokryta filtrem barwnym RGB (R – czerwony, G – zielony i B – niebieski), jak pokazano na rysunku 3. W związku z zastosowaniem takiego rozwiązania dokonywane są kolejno odczyty danych dotyczących najpierw pikseli czerwonych, następnie zielonych i niebieskich. Wartości jasności pikseli, przykrytych innym filtrem niż analizowany w danej chwili, otrzymuje się na drodze interpolacji pomiędzy sąsiadami. Nałożenie na siebie obrazów monochromatycznych w tych barwach pozwala na uzyskanie obrazu kolorowego.

Z powyższego wynika, że w procesie tworzenia zapisu obrazu dochodzi na kilku poziomach do częściowej utraty informacji o jasności. Kwantyzacja nie pozwala na odwzorowanie wszystkich poziomów jasności występujących w rzeczywistości. Dodatkowo dokonywana jest interpolacja tego parametru, co prowadzi do kolejnego „przekłamania” i w rezultacie m.in. do zamazywania krawędzi przedmiotów na kontrastującym tle. Ponadto zapisywanie jasności każdego piksela w oddzielnym bajcie, przy średnich rozmiarach matryc wynoszących od 5 do 12 MPix, wymaga bardzo dużej pojemności wykorzystywanych kart i dysków. Dlatego w kolejnym kroku rejestracji zastosowano kodowanie kompresyjne, co

niestety prowadzi do kolejnej utraty części informacji. Standardem zapisu jest obecnie format JPEG (*Joint Photographic Experts Group*), chociaż spotyka się również inne rozwiązania [1]. W wysokiej klasy urządzeniach rejestracji obrazu (aparatach fotograficznych) od pewnego czasu, obok kompresowanych, wprowadzono rejestrację w formacie RAW (obraz surowy, niemodyfikowany), bez kompresji. Zapis w tej postaci pozwala zachować najwięcej informacji, a w efekcie umożliwia szeroki zakres korekty i modyfikacji obrazu przy zachowaniu zadowalającej jakości. Ten format zapisu jest możliwy dzięki postępowi technologii – wzrostowi szybkości działania układów w torze rejestracji obrazu i wzrostowi pojemności i miniaturyzacji stosowanych pamięci.

3. HISTOGRAM – GRAFICZNE PRZEDSTAWIENIE WŁAŚCIWOŚCI OBRAZU

Konwencjonalny histogram obrazuje częstość występowania poszczególnych wartości (lub zakresów wartości) jasności pikseli w obrazie. W ujęciu statystycznym przyjmuje się, że jest to gęstość prawdopodobieństwa wystąpienia pikseli o danej jasności w obrazie. Pole histogramu opisuje więc zależność:

$$f(b) = \int_0^b H(b) \Delta b$$

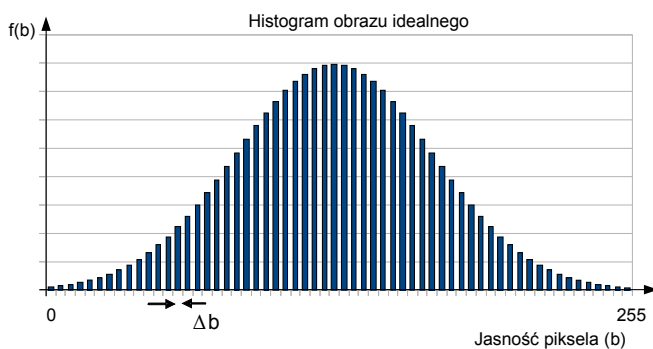
gdzie:

$f(b)$ – gęstości prawdopodobieństwa wystąpienia pikseli o danej jasności w obrazie,

$H(b)$ – funkcja jasności obrazu,

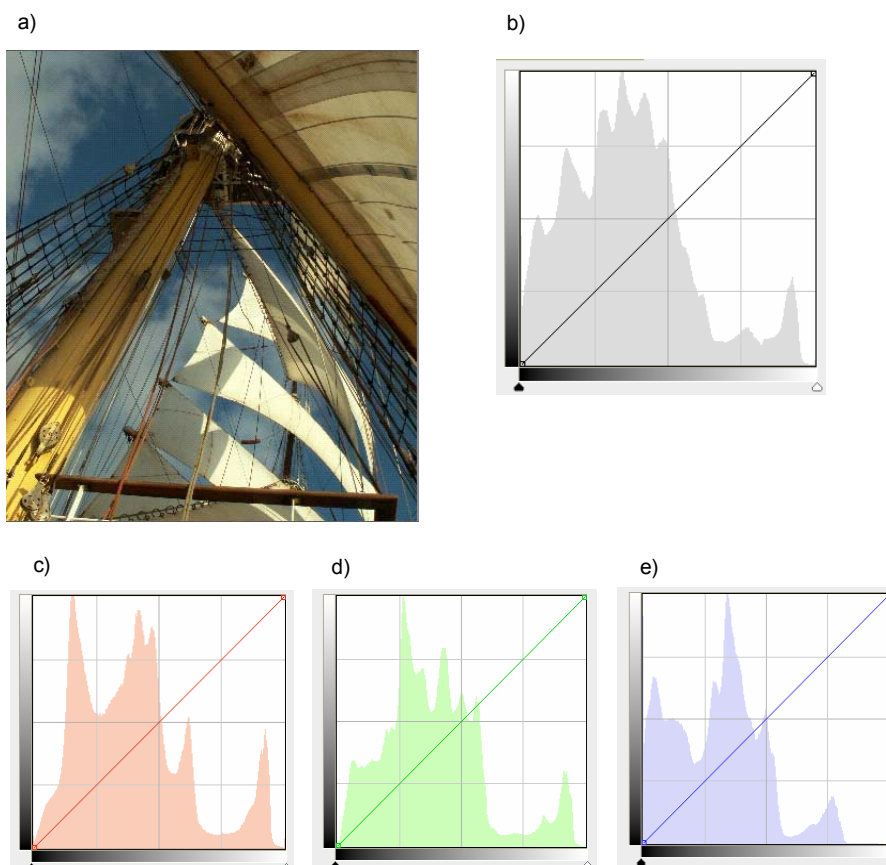
Δb – przyrosty wartości jasności (w zakresie 0...255).

Zależność tę, dla odwzorowania o idealnym rozkładzie jasności, przedstawia krzywa zbliżona do rozkładu normalnego (rys. 4). Idealny obraz to taki, w którym zostały zarejestrowane wszystkie tony – od najjaśniejszego do najciemniejszego, a najwięcej jest w nim pikseli o średniej jasności. Iloczyn $H(b)\Delta b$ określa wysokość kolejnego słupka na wykresie.



Rys. 4. Histogram obrazu idealnego (zmienna niezależna – jasność piksela (b))

W przypadku obrazów cyfrowych histogram wyznacza się jako sumę wszystkich pikseli o danej jasności, znormalizowaną liczbą pikseli w matrycy. Przyjęto 256 przedziałów kwantyzacji w obrazach monochromatycznych, jak wyjaśniono w punkcie 2. Histogram jest zbudowany w taki sposób, że na osi odciętych najbliższej lewej strony znajduje się wartość 0, odpowiadająca barwie czarnej, a najbliższej prawej wartość 255 – odpowiadająca bieli obrazu monochromatycznego. Pomiedzy nimi, w środkowej części histogramu, znajdują się wszystkie pozostałe jasności zarejestrowane przez elementy światłoczułe matrycy. Analogicznie wykonywane są wykresy rozkładu odcieni barw czerwonej, zielonej i niebieskiej, oznaczone odpowiednimi kolorami na rysunku 5 c, d i e. Takie rozwiązanie jest technicznie możliwe dzięki zastosowaniu filtrów barwnych i przeprowadzeniu wcześniejszej interpolacji jasności pikseli przykrytych filtrami o innej barwie niż kolor analizowany w danym momencie. Zdjęcie przedstawione na rysunku 5a stanowi przykład opisaną histogramem ekspozycji bliskiej prawidłowej, czyli zbliżonym do krzywej Gaussa. Z histogramu widać, że kolor biały na zdjęciu nie występuje, a więc biel żagli jest efektem optycznym.

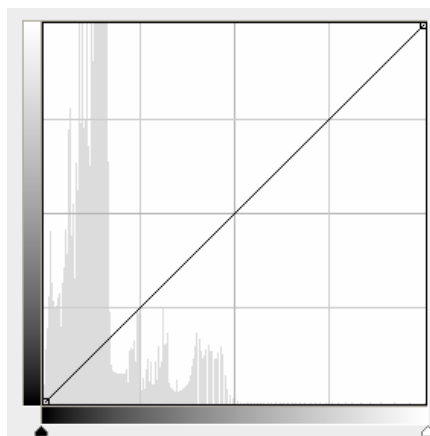
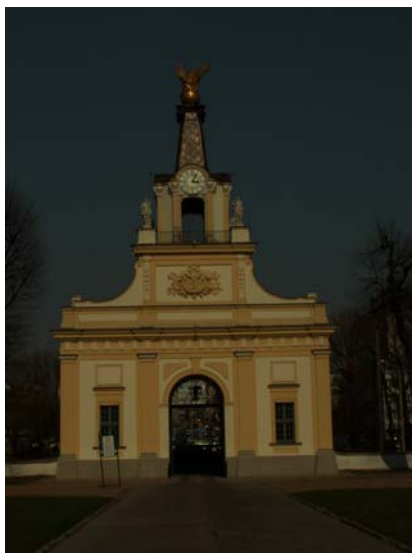


Rys. 5. a) Zdjęcie żagli „Dar Młodzieży”, b) histogram wynikowy, c), d), e) rozkłady jasności poszczególnych barw: c) czerwony, d) zielony, e) niebieski [fot. A. Waszkiel]

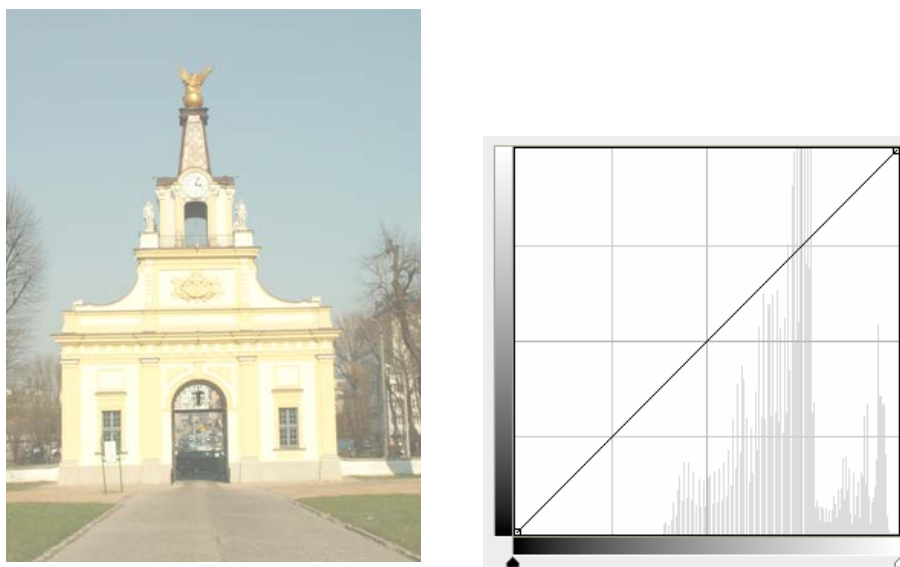
Szczyty w histogramie przedstawiają odcienie, które występują w większym natężeniu niż pozostałe, a doliny – jasności, których brakuje dla pełnej rozpiętości tonalnej obrazu [5]. Syntetyczne przedstawienie właściwości obrazu umożliwia szybką ocenę poprawności rejestracji (rys. 5b). Dodatkowym atutem jest możliwość stworzenia histogramów odpowiadających intensywności poszczególnych barw (czerwonej, zielonej i niebieskiej) w obrazie (rys. 5c).

4. KOREKTA OBRAZU JAKO WYNIK PRZEKSZTAŁCENÍ HISTOGRAMU

Porównując histogramy różnych obrazów, łatwo zauważyć, że są one unikatowe. Dzieje się tak, ponieważ każdy obraz jest de facto inny i charakteryzuje się innym rozkładem jasności poszczególnych pikseli. Nawet ta sama scena fotografowana w krótkim odstępie czasu, gdy zostanie dodany do niej jeden, nawet niewielkich rozmiarów obiekt, będzie charakteryzować się różnymi histogramami. Skutek będzie zależny od koloru i jasności oraz oświetlenia obiektu, który został dodany do kadru. Histogram, poza możliwością odróżniania obrazów od siebie, daje możliwość oceny naświetlenia i kontrastu kadru. Będzie on wyglądał zupełnie inaczej w przypadku obrazu zbyt ciemnego – przesunięty w skrajne lewe położenie (rys. 6), a inaczej w przypadku obrazu zbyt jasnego – przesunięty maksymalnie w prawą stronę (rys. 7).



Rys. 6. Obraz zbyt ciemny i jego histogram [fot. A. Waszkiel]



Rys. 7. Obraz zbyt jasny i jego histogram [fot. A. Waszkiel]

W procesie cyfrowej rejestracji obrazu (jedną z metod jest użycie aparatu fotograficznego) w urządzeniach nowej generacji histogram jest jedynie formułowany i nie dokonuje się żadnych przekształceń na jego podstawie. W szczególności w warunkach pełnego słońca oraz gdy wyświetlacz aparatu jest mały, a przez to podgląd zdjęcia mało czytelny, histogram w sposób niezakłócony i rzeczywisty przedstawia nasycenie barw. Jest on niezbędny do kontroli poprawności ekspozycji.

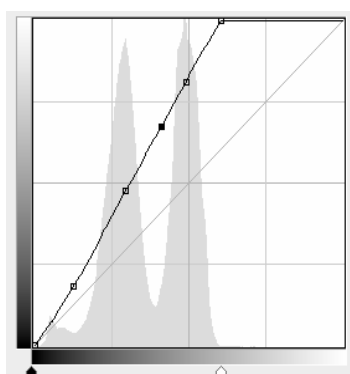
Korekta histogramu, a przez to zmiana parametrów (jakości) zarejestrowanego obrazu jest możliwa poprzez użycie specjalistycznego oprogramowania komputerowego i nie jest realizowana w procesorach sygnałowych urządzeń rejestrujących (aparatów fotograficznych). Możliwość ingerencji w jakość obrazu poprzez korektę jego histogramu wynika stąd, że zapis cyfrowy zawiera pełną informację o zapisanym obrazie, tylko „źle rozmieszczoną” na osi jasności. Poprawa tego rozmieszczenia – korekta przebiegu histogramu daje możliwość poprawy kontrastu, wydobywania szczegółów, a przez to uzyskania efektu obrazu poprawnie naświetlonego. Taka korekta jest skuteczniejsza w przypadku obrazów nieoświetlonych (ciemnych) niż prześwietlonych. Obraz z nadmiarem bieli nie zawiera informacji o elementach ciemnych, a przez to ich odtworzenie staje się niemożliwe. Należy powiedzieć, że taka możliwość poprawy jakości obrazu jest jedną z podstawowych zalet rejestracji cyfrowej, zupełnie nieosiągalną w technologii zapisu analogowego.

Istnieją dwa podstawowe **sposoby modyfikacji histogramu**. Są to: rozciąganie histogramu wzdłuż zadanej krzywej i wyrównywanie histogramu. Operacja **rozciągania histogramu** powoduje zmianę jasności pikseli wzdłuż zadanej funkcji, np. liniowej, poprzez zmianę ich przyporządkowania do poszczególnych przedziałów histogramu. Rozciąganie histogramu stosuje się wtedy, gdy nie występują w nim skrajne jasności, czyli tony ciemne i/lub jasne. Taka modyfikacja pozwala

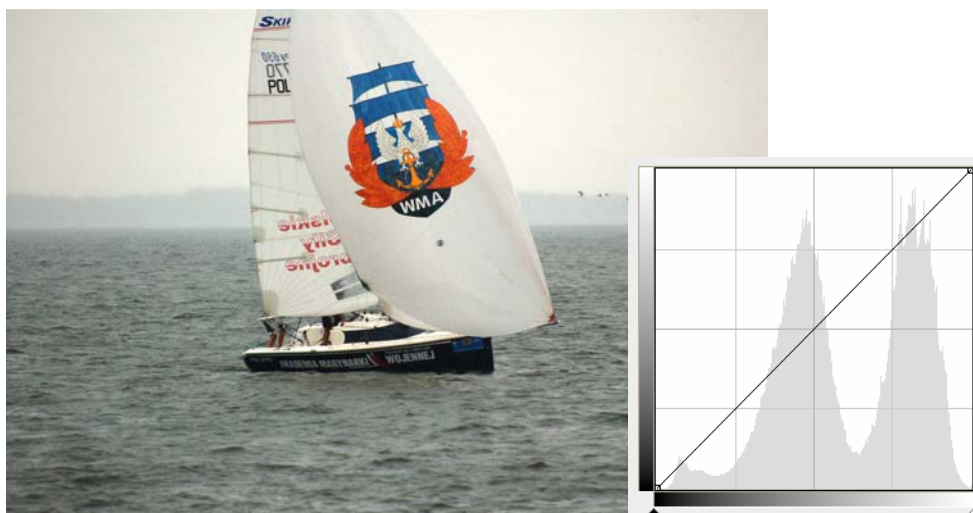
na wyraźniejsze ukazanie różnic pomiędzy poszczególnymi pikselami, co przenosi się na wzrost rozróżnialności elementów obrazu. Przebieg rozciągania histogramu przedstawiają rysunki 8–10. Na rysunku 8 przedstawiono obraz zbyt ciemny, na którym z powodu zbyt małego kontrastu nie widać szczegółów (histogram wyraźnie przesunięty w lewo). Jego histogram został zmodyfikowany według krzywej pokazanej na rysunku 9. Dzięki temu otrzymano obraz rozjaśniony, o poprawionym kontraście (rys. 10), w którego histogramie widać wyraźnie występowanie pikseli o jasnościach z całego zakresu.



Rys. 8. Obraz zbyt ciemny i o zbyt małym kontraście i jego histogram [fot. A. Waszkiel]



Rys. 9. Krzywa, według której dokonano rozciągnięcia histogramu z rysunku 8



Rys. 10. Obraz po operacji rozciągania histogramu i jego histogram

Wyrównywanie jest operacją powodującą maksymalne wypłaszczenie histogramu. Algorytm, według którego wykonuje się powyższe przekształcenie, składa się z trzech kroków. Są to: wyznaczenie średniej wartości jasności pikseli (średniej wysokości słupków), obliczanie nowej szerokości przedziałów oraz wyznaczenie granic tych przedziałów i odpowiednie dopasowanie jasności pikseli. W praktyce wykorzystuje się tablicę normalizacyjną, która jest zaimplementowana w algorytmie i pozwala na obliczenie nowej szerokości poszczególnych przedziałów. Wyrównywanie histogramu pozwala na zwiększenie kontrastu w analizowanym obrazie. Dzięki temu staje się możliwa obserwacja szczegółów, które wcześniej były niewidoczne ze względu na zbyt mały kontrast.

Należy więc stwierdzić, że wszelkie efekty korekty obrazu można kontrolować w dwojaki sposób. Jedną z metod jest kontrola histogramu, a drugą – bezpośrednia obserwacja efektu cyfrowego przetwarzania obrazu na monitorze komputera. Pierwsza metoda nie jest implementowana bezpośrednio w układach procesora aparatu. Jest oczywiste, że obserwacja samego histogramu daje mniejsze możliwości korekcji. Nie pokazuje ona m.in. ostrości, rozmycia, efektów zaszumienia obrazu. W efekcie cyfrowe przetworzenie histogramu umożliwia poprawę kontrastu, przyciemnienie i rozjaśnienie oraz wydobywanie głębi jasności. Daje to poprawę wrażeń wzrokowych przy oglądaniu zarejestrowanego obrazu.

PODSUMOWANIE

Histogram jest syntetycznym, uproszczonym graficznym przedstawieniem właściwości obrazu powstającego w matrycy światłoczułej. Stanowi w swojej istocie jeden z efektów zastosowania cyfrowego przetworzenia sygnału optycznego,

tworzącego obraz postrzegany przez człowieka. Możliwość utworzenia histogramu obserwowanego kadru dynamicznie, na monitorze aparatu rejestrującego, jeszcze przed momentem „zrobienia zdjęcia”, pokazuje potencjał współczesnej technologii układów elektronicznych w zakresie szybkości ich reakcji na zmianę wartości sygnałów wejściowych oraz szybkości przetwarzania bardzo dużej ilości informacji.

Z drugiej strony histogram stał się, co prawda uproszczonym, ale bardzo wygodnym narzędziem bieżącej oceny poprawności naświetlenia rejestrowanego kadru. Można, w pewnym przybliżeniu, porównać go do światłomierza stosowanego w fotografii analogowej, przy czym ilość i dokładność informacji dostarczanej przez histogram jest dużo większa niż przy rozwiązaniu analogowym.

Wydaje się jednak, że kluczową zaletą histogramu, którą zilustrowano w tym artykule, jest możliwość wykorzystania go do korekty (poprawy) parametrów zarejestrowanego obrazu. Jak powiedziano, jest to możliwość niedostępna w technologii analogowej, a pozwalająca szerokiej rzeszy użytkowników fotografii cyfrowej, szczególnie profesjonalistom w tej dziedzinie, na doskonalenie warsztatu rejestracji obrazu oraz uzyskiwanie efektów nieosiągalnych do tej pory. Kończąc, należy zwrócić uwagę, że możliwość tak dużej ingerencji w strukturę zarejestrowanego obrazu powoduje, że fotografia w wielu przypadkach traci walor wiarygodnego odzwierciedlenia obserwowanej rzeczywistości.

LITERATURA

1. Borko F., *A Survey of Multimedia Compression Techniques and Standards. Part I: JPEG Standard, Real-Time Imaging*, 1995, 1, s. 49–67.
2. Litwiller D., *CMOS vs. CCD: Facts and Fiction*, Photonics Spectra, Laurin Publishing 2001.
3. Malina W., Smiatycz M., *Cyfrowe przetwarzanie obrazów*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2008.
4. Nakamura J., *Image Sensors and Signal Processing for Digital Still Cameras*, Taylor & Francis Group, London 2006.
5. Russ J.C., *The Image Processing Handbook*, 5th ed., CRC Press, Taylor & Francis Group, North Carolina 2007.

THE USAGE OF THE HISTOGRAM IN DIGITAL IMAGE CORRECTION

Summary

Histogram is graphical representation of all pixels brightness corresponding to digital image. Nevertheless the accuracy of image registration can be obtained from main features of histogram. In correction process histogram is treated as a source of information about tones appearing in picture. Its modification, containing stretching, shifting and balancing, allows for image tones corrections. Correct image includes all of the tones and is easy to pick for human.