

Karolina NURZYŃSKA  
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

## KOREKCJA GAMMA JAKO NOWA TECHNIKA NORMALIZACJI OŚWIETLENIA PRZY DETEKCJI TWARZY

**Streszczenie.** Artykuł opisuje nową technikę korekcji gamma wykorzystywaną do normalizacji oświetlenia przy detekcji twarzy. Proponowane przekształcenia umożliwiają zwiększenie kontrastu ciemnych części obrazu, dzięki czemu wykrycie oraz rozpoznanie twarzy staje się łatwiejsze.

**Słowa kluczowe:** detekcja twarzy, normalizacja oświetlenia, transformacje nieliniowe.

## GAMMA CORRECTION AS A NOVEL TECHNIQUE TO NORMALIZE THE ILLUMINATION IN FACE DETECTION

**Summary.** This paper presents a novel technique gamma correction, which is utilized to compensate the variety of illumination in face detection. The suggested transformations allow increase the contrast of dark images what increase the face detection rate.

**Keywords:** face detection, illumination compensation, nonlinear transformation.

### 1. Wstęp

Twarz jest wizytówką człowieka i jednocześnie pozwala na jego najłatwiejsze i najmniej inwazyjne rozpoznanie przy wykorzystaniu systemów automatycznego rozpoznawania. Rozpoznawanie to bardzo złożony i trudny proces. Na jego wynik ma wpływ wiele czynników. Po pierwsze, nim twarz może zostać rozpoznana, system musi ją znaleźć na obrazie wejściowym, następnie jej obraz jest poddawany normalizacji i dopiero tak przetworzony obraz może zostać podany na wejście systemu rozpoznawania. Jakość obrazu wpływa na rozpoznawanie w dwóch etapach działania takiego systemu: podczas detekcji i rozpozna-

wania. Większość znanych algorytmów koncentruje się na poprawieniu rozpoznania poprzez różną normalizację obrazu. Jednak takie podejście powoduje, że część obrazów zostanie odrzucona już na samym wejściu, kiedy algorytmy detekcji nie znajdą twarzy na obrazie za względu na zakłócenia.

System detekcji musi sobie poradzić z wieloma problemami. Twarz ludzka zawiera w sobie bardzo dużo informacji wizualnej, jednak z punktu widzenia systemu komputerowego drobna zmiana mimiki twarzy, jej postarzenie się, zmiana oświetlenia podczas akwizycji obrazu czy szумы mogą wpłynąć negatywnie na jego działanie. Obraz monochromatyczny często opisywany jest poprzez światło padające oraz współczynnik odbicia światła od obiektów znajdujących się na nim. Aby poprawić jakość obrazu, stosuje się różne przekształcenia minimalizujące wpływ światła padającego. Część algorytmów zakłada, że światło padające jest stałym elementem obrazu, jednakże w rzeczywistości zmienia się ono w obrazie, co powoduje zmianę rozmieszczenia poziomów szarości i w rezultacie przekłamanie w opisie twarzy.

W celu znormalizowania oświetlenia stosuje się wiele różnych metod. W zależności od wymagań systemu i od algorytmów wykorzystywanych do rozpoznawania twarzy stosuje się różne filtry. W przypadku wykorzystywania metody Eigenfaces można, tak jak sugerują autorzy [3], skorzystać z metod tradycyjnych, takich jak wyrównywanie histogramu, nieliniowa funkcja logarytmiczna, czy poprawa jasności z wykorzystaniem funkcji gamma. Poza tym powstały bardziej złożone algorytmy jak LogAbout przedstawiony w [1]. Prace [2, 4, 5] przedstawiają inne rozwiązania.

Artykuł został podzielony na części. Kolejne części zawierają:

- część druga – opis tradycyjnych algorytmów normalizacji oświetlenia oraz metodę LogAbout,
- część trzecia – algorytm GammaAbout,
- część czwarta – opis wyników przeprowadzonych badań,
- część piąta – dyskusja i podsumowanie.

## 2. Przegląd metod kompensacji oświetlenia

Intensywność oświetlenia  $I$  w obrazie można scharakteryzować poprzez dwa komponenty. Jest to światło padające  $i$ , które zależy od źródła oświetlenia, oraz współczynnik światła odbitego od obiektu  $r$ , który zależy od charakterystyki obiektu. Intensywność przedstawia poniższy wzór:

$$I = i * r \tag{1}$$

Innymi słowy, intensywność opisuje subiektywną jakość obrazu, jego kontrast i zakres poziomów szarości, gdzie kontrast to różnica między tymi wartościami. Obrazy o niewielkim kontraście nie są ostre. Czyli im większy kontrast, tym większy zakres poziomów szarości, a co za tym idzie lepsza jakość obrazu.

### 2.1. Przekształcenie liniowe – rozciąganie histogramu

Rozciąganie histogramu polega na takiej zmianie rozproszenia wartości, które mają na celu zwiększenie zakresu dynamicznego, a w związku z tym polepszenie kontrastu. Na rysunku 2 widzimy obraz oryginalny a) i po rozciągnięciu histogramu b). Twarz na pierwszym obrazie jest trudno dostrzegalna, natomiast na drugim jest widoczna nieco lepiej.

### 2.2. Kompresja zakresu – funkcja logarytmiczna

Zastosowanie funkcji logarytmicznych do normalizacji oświetlenia w obrazach wspiera fakt, że receptory w ludzkim oku przekształcają docierające do nich fale świetlne, wykorzystując transformację nieliniową. Transformacja ta może być aproksymowana przez funkcję logarytmiczną opisaną wzorem:

$$g = a + \frac{\ln(I+1)}{b \ln c} \quad (2)$$

gdzie parametry  $a$ ,  $b$  i  $c$  wpływają na kształt funkcji. Na rysunku 2c widzimy obraz po takim przekształceniu.

### 2.3. Transformacja potęgowa – korekcja gamma

Inną funkcją nieliniową pozwalającą na zmianę rozkładu dynamicznego w obrazie jest transformacja potęgowa dana wzorem:

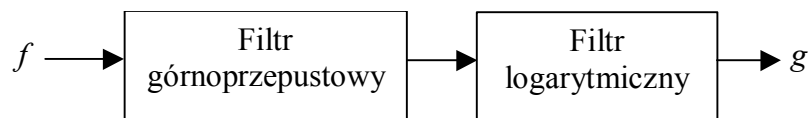
$$g = aI^\gamma \quad (3)$$

Obraz po przekształceniu tą funkcją, jak i funkcją logarytmiczną staje się jaśniejszy, nie tracąc naturalnego wyglądu, co przy transformacjach liniowych jest trudne do zachowania. Przykład obrazu po takim przekształceniu prezentuje obraz z rysunku 2d.

### 2.4. LogAbout

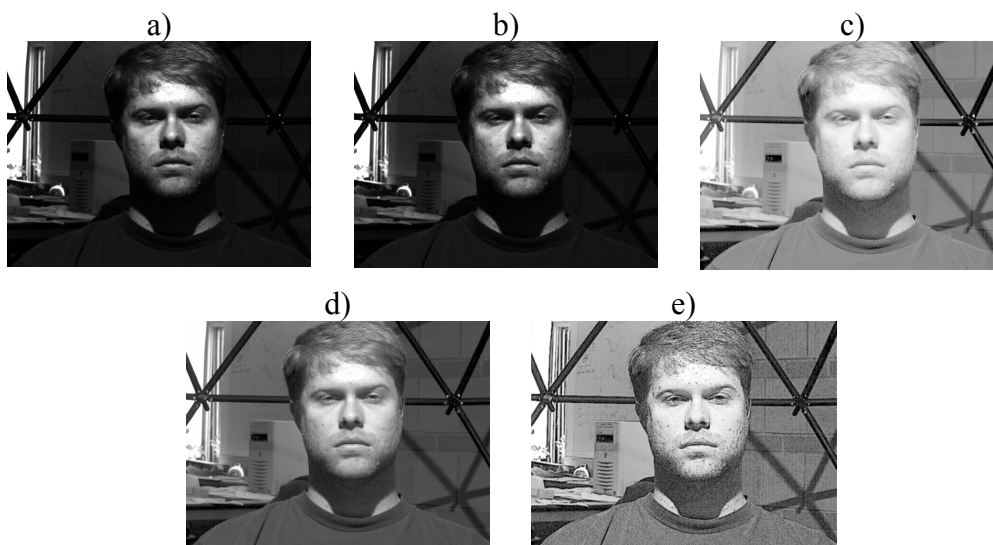
W artykule H. Liu, W. Gao, J. Miao i J. Li [1] opisali metodę wykorzystywaną do poprawy detekcji. W swojej pracy zauważają, że przekształcenie logarytmiczne jest wykonywane dla każdego piksela niezależnie, a interpretacja obrazu wymaga wzięcia pod uwagę również zależności między pikselami sąsiadującymi. W celu poprawienia działania filtru proponują,

aby na początku zastosować filtr górnoprzepustowy, który usuwa elementy o niskiej częstotliwości, uwypuklając elementy o wysokich częstotliwościach. Działanie filtra przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Metoda LogAbout

Fig. 1. LogAbout method



Rys. 2. Porównanie metod kompensacji oświetlenia: a) obraz oryginalny, b) obraz po rozciągnięciu histogramu, c) obraz po przekształceniu funkcją logarytmiczną, d) obraz po przekształceniu gamma, e) obraz po zastosowaniu metody LogAbout

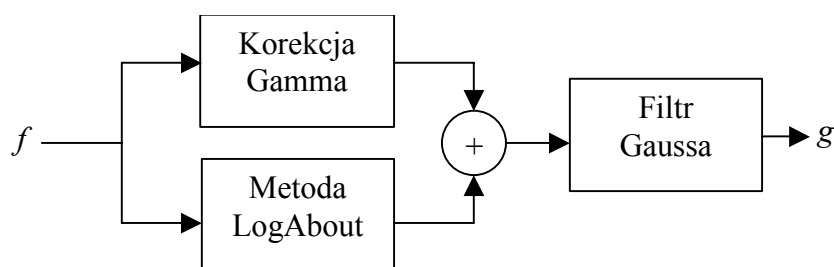
Fig. 2. The comparison of methods used for illumination compensation: a) original image, b) image after histogram, c) image after logarithm, d) image after gamma, e) image after LogAbout transformation

### 3. GammaAbout

Tak jak zauważyli autorzy [1], funkcja logarytmiczna działa na pojedynczym pikselu, nie biorąc pod uwagę jego otoczenia. Dodatkowo, przekształcenie logarytmiczne powoduje utratę części informacji zawartej w obrazie poprzez kompresję poziomów szarości. Są to niepożądane rezultaty działania metody LogAbout. Aby polepszyć działanie, została opracowana przez mnie nowa metoda.

Technika GammaAbout łączy transformacje logarytmiczne z funkcjami potęgowymi gamma. Przekształcenie gamma umożliwia skompensowanie złych warunków oświetlenia oraz zwiększenie zakresu dynamicznego dzięki nieliniowej transformacji wartości poszczególnych pikseli. Dla pikseli o niskich wartościach zakres poziomów szarości zostaje

zwiększony, dzięki czemu ciemne partie obrazu zyskują kontrast. Jednak działamy tutaj tylko na poszczególnych poziomach szarości, niezależnie od ich położenia i sąsiednich poziomów szarości. Dlatego następnie obie transformacje są uśredniane i na tak powstałym obrazie zastosowany został filtr Gaussa, który eliminuje szумы powstałe w wyniku poprzednich przekształceń, a także uzależnia wartość pojedynczego piksela od jego sąsiadów. Należy też wspomnieć, że do metody LogAbout został dołączony filtr dolnoprzepustowy, który wygładza strukturę obrazu uzyskaną po przekształceniu logarytmicznym.



Rys. 3. Technika GammaAbout

Fig. 3. GammaAbout technique

Zastosowanie takich przekształceń zapewnia, że filtr bierze pod uwagę zależności między sąsiednimi pikselami, nie są tracone informacje zawarte w obrazie, a metoda, wykorzystując przekształcenie nieliniowe, jest bliska sposobowi percepcji światła poprzez oko ludzkie.



Rys. 4. Porównanie obrazów oryginalnych (górną) z przedstawioną filtracją (dół)

Fig. 4. The comparison of original images (upper row) with presented method (lower row)

#### 4. Wyniki porównania działania opisanych metod

Działanie powyżej omówionych algorytmów zostało przetestowane na części bazy obrazów twarzy stworzonej na uniwersytecie Yale [6]. Dla każdej osoby w bazie zostało zrobio-

nych 9 serii zdjęć. Każda taka seria to inna poza, dla której wykonano 64 zdjęcia, gdzie kąt padania oświetlenia jest różny.

W systemie, na którym algorytmy były testowane, detekcja twarzy polega na określeniu współrzędnych położenia oczu na obrazie. Natomiast jakość detekcji to odległość między punktami znalezionymi przez system a punktami zaznaczonymi ręcznie na obrazie oryginalnym. W tabeli 1 zostały zaprezentowane wyniki detekcji, gdzie jako poprawną przyjmujemy odpowiednio odległość 5, 10 i 15 pikseli.

W eksperymentach porównywany jest również filtr HistAbout, składający się z połączenia filtra LogAbout z rozciąganiem histogramu. Wprawdzie w przypadku bazy Yale zdarza się, że obrazy w wyniku rozciągania histogramu mogą ulec miejscowemu przejawskrawieniu, jednakże uśrednienie tego przekształcenia z logarytmicznym pozwala to zminimalizować. Jednocześnie zapewnia, że część informacji utracona przez logarytm zostaje uzupełniona informacjami z obrazu po przekształceniu liniowym. Tak jak i w technice GammaAbout, w tym przypadku do metody LogAbout został dodany jeszcze filtr dolnoprzepustowy, którego zadaniem jest wyeliminowanie szumów, powstałych w wyniku przekształceń i wygładzenia struktury obrazu.

Tabela 1

Porównanie metod dla obrazów z bazy Yale

Lp.	Nazwa filtra	Poprawna detekcja (w procentach)		
		5	10	15
1	Bez filtra	41	57	65
2	Histogram	42	58	66
3	Logarytm	44	53	58
4	Logarytm+Gauss	51	63	68
5	Gamma	51	66	72
6	Metoda LogAbout	49	60	67
7	Metoda HistAbout	53	68	73
8	Metoda GammaAbout	55	69	76

W tabeli 1 zostały zebrane rezultaty z przeprowadzonych badań dla kompensacji zmiany oświetlenia przy detekcji twarzy. Procent znalezionych twarzy bez wykorzystania filtra jest niski (wiersz 1). Przekształcenie obrazów pojedynczymi filtrami, takimi jak rozciąganie histogramu czy funkcją logarytmiczną również nie daje zadowalających rezultatów (wiersze 2 i 3). Transformacja potęgowa gamma pozwala na polepszenie detekcji średnio o 9% (wiersz 5). Jednak najlepsze wyniki dają metody łączące różne filtry. Samo wygładzenie obrazu po przekształceniu logarytmicznym filtrem Gaussa wpływa na poprawę detekcji (wiersz 4). Wykorzystanie tej informacji przy tworzeniu metody LogAbout sprawia, że daje ona dobre rezultaty (wiersz 6). Następnie, jeżeli wykorzystamy tę wiedzę i stworzymy filtr, który łączy metodę LogAbout z histogramem, otrzymamy jeszcze lepsze wyniki (wiersz 7). I

tak, jeżeli połączymy filtr Gamma, który sam daje dosyć dobre wyniki, z metodą LogAbout, otrzymamy filtr GammaAbout, który daje najlepsze rezultaty (wiersz 8).

## 5. Podsumowanie

Problem kompensacji wpływu oświetlenia w detekcji i rozpoznawaniu twarzy jest trudny do rozwiązania. Zaproponowana w tym artykule nowa technika GammaAbout rozwiązuje problem zmienności oświetlenia. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że przedstawiony algorytm radzi sobie z tym problemem, Poza tym zostały omówione zarówno tradycyjne podejścia do tego problemu, jak i metody zaprezentowane przez innych autorów.

Jakkolwiek wyniki przedstawionych badań znacznie zwiększyły procent wykrytych twarzy, to temat ten pozostaje do dalszego zbadania.

## LITERATURA

1. Liu H., Gao W., Miao J., Li J.: A novel method to compensate variety of illumination in face detection. Proc. 6th Joint Conference on Information Sciences (ICCVPRIP), s. 692÷695, North Carolina, March 8-13, 2002.
2. Adini Y., Moses Y., Ullman Sh.: Face Recognition: The problem of compensating for changes in illumination direction. IEEE Transactions Vol. 19, No. 7, s. 721÷732, 1997.
3. Heseltine T., Pears N., Austin J.: Evaluation of image preprocessing techniques for eigenface-based face recognition. Proc. Second International Conference on Image and Graphics, Wei Sui, SPIE Vol. 4875, s. 677÷685, 2002.
4. Likar B., Maintz J.B.A., Viergever M.A., Pernus F.: Retrospective shading correction based on entropy minimalization. Journal of Microscopy Vol. 197, Pt 3, March 2000, s. 285÷295.
5. Zhao W.Y., Chellappa R.: Illumination-insensitive face recognition using symmetric shape-from-shading. Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, s. 286÷293, vol. 1, 2000.
6. Dostępna część bazy twarzy Yale <http://cvc.yale.edu/projects/yalefaces/yalefaces.html>.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Konrad Wojciechowski

Wpłynęło do Redakcji 6 stycznia 2005 r.

**Abstract**

This paper describes a novel approach to the problem of compensation of variety of illumination in face detection. Beginning from the traditional method explanation through some more complicated filters it reaches a definition of a new algorithm named GammaAbout. The idea of GammaAbout consists of combination of basic filters.

The experiments and comparison with each shame are presented. The idea might be utilized in image processing, object detection and recognition.

**Adres**

Karolina NURZYŃSKA: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16, 44-101 Gliwice, Polska, [carry@op.pl](mailto:carry@op.pl) .