

Marcin GÓRKO

Katedra Geodezji, Kartografii Środowiska i Geometrii Wykreślnej, Politechnika Łódzka

## ANALIZA ROZKŁADU OŚWIETLENIA METODĄ IZOHELII

**Streszczenie.** W artykule omówiono metodę analizowania intensywności oświetlenia za pomocą techniki izohelii. Metoda ta opiera się na wykorzystaniu zdjęć cyfrowych oraz programu Photoshop, który stosowany jest to obróbki obrazu. Istotą metody jest ingerencja w krzywą charakterystyczną obrazu, co pozwala na dowolne przedstawienie rozkładu półtonów.

## ANALYZE OF LIGHTING DISTRIBUTION WITH IZOHELIA

**Summary.** This paper describes how light distribution over surfaces or in interior can be analyzed using a image-processing software. A technique called “izohelia” is very useful for that purpose – it enables the user to divide the image into a series of zones of equal brightness. A few examples are also discussed – among them two examples how a building *shall not* be lighted, and with one example of proper lighting

W klasycznym kursie geometrii wykreślnej przyjmuje się istnienie dwóch stanów oświetlenia rozważanych powierzchni: powierzchnia jest oświetlona źródłem światła lub znajduje się w cieniu (bez znaczenia czy we własnym, czy wzajemnym). Taki rozkład ma charakter zero-jedynkowy i jest tylko uproszczeniem rzeczywistych warunków oświetleniowych. Takie podejście, choć proste z punktu widzenia geometrii, nie daje możliwości dokładnego przeanalizowania, jaki jest rozkład jasności na rozważanych powierzchniach. Są jednak dziedziny, takie jak projektowanie oświetlenia elewacji i miejsc pracy, aranżacja wnętrz oraz architektura ekologiczna, w których ważną rolę odgrywa nie tylko fakt oświetlenia rozważanego miejsca; ważna staje się również równomierność oświetlenia oraz jego rozkład.

Matematyczny opis natężenia oświetlenia jest bardzo prosty, jeśli przyjmie się następujące założenia:

- źródło światła jest źródłem punktowym oraz
- światło na drodze od źródła do oświetlanej powierzchni nie ulega absorpcji.

Dla punktowego źródła światła oświetlającego płaszczyznę równomiernie odbijającą światło – tak jak to ilustruje poniższy rysunek – zmiana natężenia oświetlenia w funkcji kąta padania promienia wyrażona jest następującym prostym wzorem:

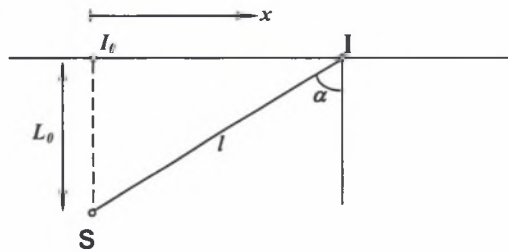
$$I_{\alpha} = I_0 \cdot \cos^3 \alpha \quad (1)$$

gdzie:

$I_{\alpha}$  - natężenie oświetlenia w punkcie, gdzie kąt padania promienia wynosi  $\alpha$ ,

$I_0$  - oświetlenie w punkcie będącym rzutem prostokątnym źródła światła na oświetlaną płaszczyznę (maksymalna możliwa wartość oświetlenia),

$\alpha$  - kąt padania promienia światła (mierzony między promieniem i normalną do płaszczyzny).



Rys. 1. Schematyczna ilustracja oświetlenia płaszczyzny źródłem światła S odsuniętym od niej o odległość  $l_0$

Fig. 1. Schematic illustration of light distribution of S source remote by distance  $l$  over surface

Analogicznie, jeśli jako zmienną traktować odległość „ $x$ ” rozważanego punktu od rzutu źródła światła na płaszczyznę, wzór przyjmuje postać:

$$I_x = I_0 \frac{l_0^3}{\left(\sqrt{l_0^2 + x_0^2}\right)^3} \quad (2)$$

gdzie:

$l_0$  – odległość źródła światła od oświetlanej płaszczyzny,

$x$  – odległość rozważanego punktu od rzutu źródła światła na płaszczyznę.

Tożsamość równań (1) i (2) łatwo wykazać, jeśli zauważy się, że:

$$\cos \alpha = \frac{l_0}{l} \text{ oraz } l = \sqrt{l_0^2 + x_0^2} \quad (3)$$

Zdjęcie (rys. 2) pokazuje rozkład oświetlenia w przyjętych warunkach. Dla lepszej czytelności źródło światła (żarówka halogenowa) zostało komputerowo usunięte ze zdjęcia.

Zauważyć można symetrię rozkładu oświetlenia, ze środkiem symetrii w rzucie prostopadłym źródła światła na płaszczyznę. Rozkład nie zależy od kierunku, lecz tylko od odległości od środka symetrii.



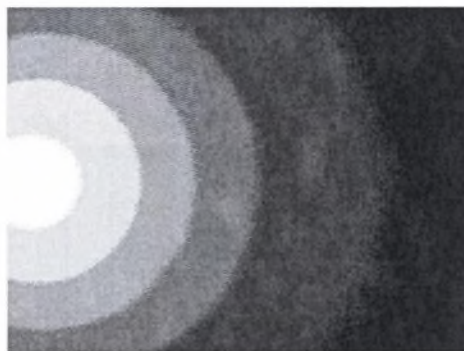
Rys. 2. Fotografia płaszczyzny oświetlonej punktowym źródłem światła  
Fig. 2. Picture of surface with spotlight light source

W analogiczny sposób można znaleźć związki opisujące natężenie oświetlenia punktów na innych charakterystycznych powierzchniach, w szczególności na walcu i kuli. Poniżej przedstawiona jest metoda wykorzystania techniki izohelii do analizy jakościowej rozkładu oświetlenia dowolnych powierzchni, a także całych wnętrz. Izohelia (stworzona w latach 20. XX w. przez artystę fotografa W. Dederko) jest techniką rozdzielania obrazu czarno-białego o ciągłym rozkładzie półtonów na zespół stref o ściśle zdefiniowanych poziomach szarości. Łatwe przetworzenie dowolnego obrazu możliwe jest dzięki takim programom przeznaczonym do obróbki zdjęć, jak Adobe Photoshop. Do analizy rozkładu oświetlenia najlepiej nadają się zdjęcia cyfrowe, ale też wirtualne modele, stworzone w takich programach, jak ArchiCAD, AutoCAD czy też 3D Studio.

Zalety korzystania z izohelii stają się oczywiste, jeśli zdjęcie z rysunku 2 porównane zostanie z dwoma poniższymi izoheliami – rys. 3 i 4.

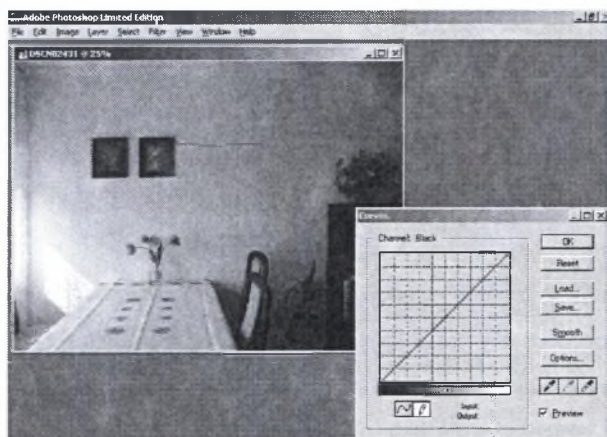


Rys. 3. Izohelia składająca się z pięciu stref  
Fig. 3. Izohelia consisting of 5 spheres



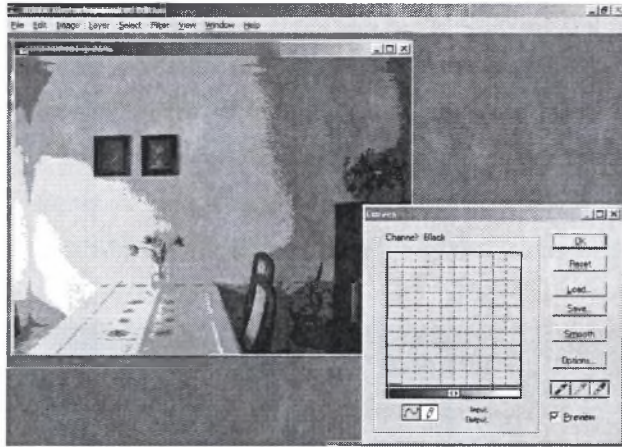
Rys. 4. Izohelia składająca się z sześciu stref  
Fig. 4. Izohelia consisting of 6 sphere

Poniższa ilustracja pokazuje przykładowe zdjęcie wnętrza oraz odpowiadającą mu krzywą charakterystyczną. Prostoliniijny przebieg wykresu funkcji dokładnie po przekątnej diagramu oznacza, że na zdjęciu niewykonane zostały żadne zmiany jasności.



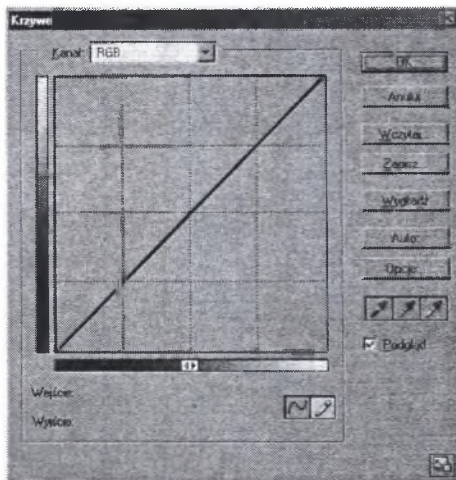
Rys. 5. Zdjęcie wnętrza wraz z odpowiadającą mu krzywą charakterystyczną  
Fig. 5. Picture of an interior with corresponding characteristic curve

Jeśli w Photoshopie krzywa charakterystyczna zostanie zmodyfikowana, znajduje to odzwierciedlenie w reprodukcji kontrastu na obrazie. Wprowadzenie do programu „schodkowej” krzywej charakterystycznej daje efekt izohelii. Ilość schodków (a więc stopni szarości, na które podzielony zostanie obraz) oraz ich długość zależą jedynie od preferencji osoby obrabiającej zdjęcie. Poniżej przedstawiona jest izohelia wnętrza wraz z krzywą charakterystyczną dzielącą obraz na 5 stref, o jasnościach 100%, 75%, 50%, 25% i 0%.

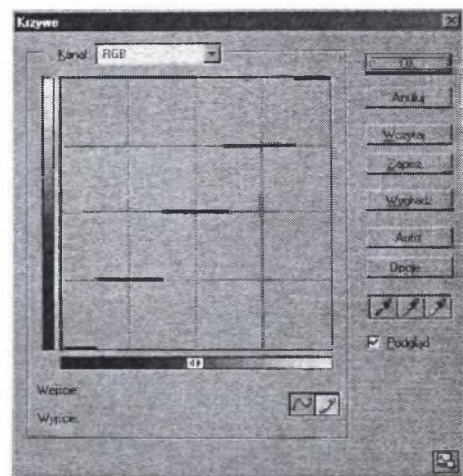


Rys. 6. Zdjęcie zmodyfikowane jako izohelia  
 Fig. 6. Modified picture as izohelia

Różnice w reprodukcji półtonów stają się oczywiste, jeśli porówna się ze sobą krzywe charakterystyczne zdjęcia przed i po modyfikacji, tak jak to przedstawiono poniżej. Każdy poziomy odcinek krzywej z rysunku 8 odpowiada za oddanie na obrazie jednego odcienia szarości. Trzy wewnętrzne odcinki odpowiadają jasności 25%, 50% i 75%, podczas gdy fragmenty skrajne to jasność 0% i 100%.



Rys. 7. Krzywa charakterystyczna normalnego zdjęcia  
 Fig. 7. Characteristic curve of regular picture



Rys. 8. „Schodkowa” krzywa charakterystyczna, dająca efekt izohelii  
 Fig. 8. Step characteristic curve, giving an effect of izohelia

Jako ilustrację przydatności izohelii do oceny oświetlenia przedstawiono zdjęcia dwóch kamienic z centrum Łodzi oraz trzeciej z Malmö w Szwecji (rys. 9–14). Nawet pobieżna ocena zdjęć pierwszych dwóch obiektów uświadamia, że oświetlono je w najgorszy możliwy

sposób, tym samym pokazano, jak nie należy oświetlać obiektów architektonicznych. Izohelia pokazuje, że jedynie niewielka część elewacji oświetlona jest bardzo intensywnie, stosunkowo niewielkie obszary otrzymują 75% maksymalnego oświetlenia. Większa część ostatniej kondygnacji otrzymuje dwukrotnie słabsze oświetlenie niż część centralna, a oświetlenie lewej części fasady to zaledwie 25% - 0% tego, co przypada w bezpośrednim pobliżu lampy. Niskie umieszczenie źródła światła powoduje, że ozdobne łuki na oknach rzucają cienie wzajemnie ku górze, co jest wyjątkowo nienaturalne.



Rys. 9. Nieudolnie oświetlona kamienica z centrum Łodzi

Fig. 9. Inefficient lighting of a tenement house in Łódź



Rys. 10. Izohelia zdjęcia widocznego z lewej strony

Fig. 10. Isohelia of the picture from the right side

Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku drugiej kamienicy (rys. 11 i 12). Lampa ustawiona tuż przy elewacji niezwykle silnie oświetla trzy środkowe okna na pierwszym piętrze i – zupełnie niepotrzebnie, dodajmy – dolną powierzchnię płyty balkonowej. Górna część elewacji otrzymuje tylko połowę tego oświetlenia, a bardzo głębokie cienie wzajemne od dwóch balkonów powodują, że pewne obszary elewacji na trzeciej kondygnacji nie są praktycznie oświetlone!



Rys. 11. Kolejny przykład niewłaściwego oświetlenia obiektu

Fig. 11. Next example of incorrect lighting of an object



Rys. 12. Izohelia podkreśla nierównomierność oświetlenia elewacji

Fig. 12. Isohelia boosts the irregularities of lighting of the facade

Z kolei kamienica z centrum Malmö jest przykładem poprawnego oświetlenia (rys. 13 i 14). Umieszczenie źródła światła w stosunkowo dużej odległości od obiektu - na dachach budynków po drugiej stronie ulicy – zagwarantowało prawie równomierne oświetlenie obu elewacji. Tylko górne fragmenty attyki prawej elewacji otrzymują oświetlenie na poziomie 25%; zdecydowana większość powierzchni obu widocznych fasad mieści się w zakresie 50%.

Równomierne oświetlenie obiektu daje pożądany efekt – wydobywa bryłę z czarnego tła nieba i podnosi jego atrakcyjność.



Rys. 13. Przykład poprawnego oświetlenia obiektu architektonicznego  
Fig. 13. Example of correct lighting of an architectural object



Rys. 14. Na izohelii widoczne są tylko niewielkie różnice w poziomie oświetlenia  
Fig. 14. Only slight differences in lighting level are shown in izohelii

## Abstract

This paper describes how light distribution over surfaces or in interior can be analyzed using a image-processing software. A technique called “izohelia” is very useful for that purpose – it enables the user to divide the image into a series of zones of equal brightness. A few examples are also discussed – among them two examples how a building *shall not* be lighted, and with one example of proper lighting.