

MECHANIKA

CZASOPISMO TECHNICZNE
TECHNICAL TRANSACTIONS

MECHANICS

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4-M/2011

ZESZYT 7

ROK 108

ISSUE 7

YEAR 108

BARTŁOMIEJ TEZ*

MODEL GAŁKI OCZNEJ

EYEBALL MODEL

Streszczenie

W artykule przedstawiono model gałki ocznej w postaci serii dwuwymiarowych obrazów, otrzymywany jako połączenie pięciu wycinków sfer o odpowiednio dobranych parametrach.

Słowa kluczowe: model oka

Abstract

This paper presents an eyeball model as a series of two-dimensional images, obtained as a combination of five segments of the spheres with appropriately selected parameters.

Keywords: eyeball model

* Mgr inż. Bartłomiej Tez, Instytut Informatyki Stosowanej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska.

Oznaczenia

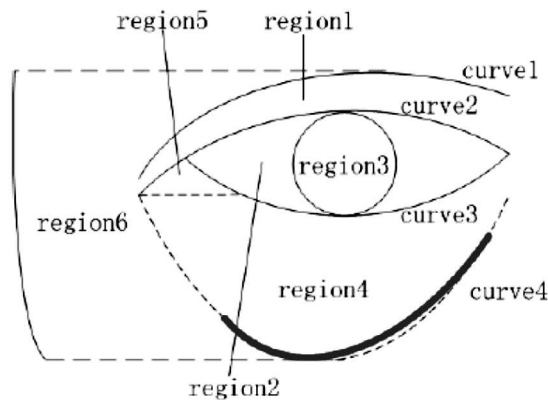
- R – promień wycinka sfery [mm]
 r – promień krawędzi wycinka sfery [mm]
 ω – kąt pomiędzy promieniem przechodzącym przez krawędź wycinka sfery oraz promieniem przechodzącym przez środek ciężkości wycinka [stopnie]
 φ, θ – kąty obrotu wycinka sfery [rad]

1. Wstęp

Celem prac nad modelem jest stworzenie filmu przedstawiającego obiekt jednoznacznie interpretowany jako oko. Ma on na celu umożliwienie teoretycznego przetestowania śledzenia ruchu gałki ocznej, jeszcze przed zakończeniem prac nad algorytmem kwantyzacji danych przedstawiających obraz oka widzianego z niewielkiej odległości.

2. Przykładowe rozwiązania i ich zastosowania

Rozwiązań problemu stworzenia modelu oka jest tyle, ile czynności można z okiem wykonać. Przykładowy model oka zaproponowany przez Lei Xiong, Nanning Zheng, Qubo You, Jianyi Liu oraz Shaoyi Du składa się z okręgu i czterech krzywych (rys. 1), został stworzony do sztucznej ekspresji uczuć, uzyskanej na podstawie wyglądu oka przedstawiającego neutralne uczucia [1].

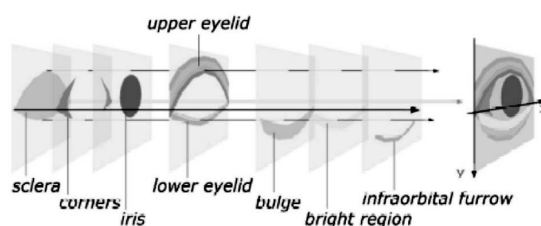


Rys. 1. Model oka składający się z serii krzywych [1]

Fig. 1. Layout of eye curve model [1]

Podobne podejście do zagadnienia zaprezentowali Tsuyoshi Moriyama, Takeo Kanade, Jing Xiao, Jeffrey F. Cohn (rys. 2). W tym przypadku model jest wynikiem nałożenia na siebie ośmiu warstw zawierających wycinki elipsy modelujące poszczególne fragmenty oka [2].

Bardziej skomplikowany model przedstawili Michael Banf, oraz Volker Blanz. Na podstawie skanów 3D twarzy detekowane jest oko oraz tworzony jego model. Zastosowanie polega, wykryciu oka na zadanej przez użytkownika fotografii, a następnie zastąpieniu go stworzonym modelem. W rezultacie otrzymuje się twarz osoby z fotografii z oczami będącymi w rzeczywistości modelem otrzymanym na podstawie skanów. Dodatkową ważną cechą rozwiązania jest możliwość zmiany kąta patrzenia docelowego oka [3].



Rys. 2. Model oka będący nałożeniem serii dwuwymiarowych warstw [2]

Fig. 2. Multilayered 2D eye region model [2]

Przykładowy trójwymiarowy model oka został stworzony przez Yiyu Cai, Chee-Kong Chia, Yaoping Wanga, Zhenlan Wanga, Jamesa H. Andersona – z myślą o szkoleniu w zakresie chirurgii oka i jest skupiony na deformacjach oka spowodowanych chorobami, a także na właściwościach materiałów, z których oko jest skonstruowane (rys. 3) [4].

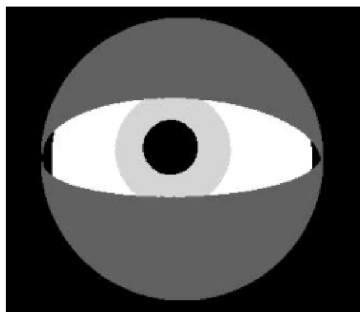


Rys. 3. Środowisko symulacji operacji gałki ocznej [4]

Fig. 3. Eye surgical simulation environment [4]

3. Realizacja

W niniejszym artykule model oka zbudowano z następującymi założeniami: oko składa się z nachodzących na siebie dwóch kul przedstawiających gałkę oczną i rogówkę które są otoczone dwiema półsferami odtwarzającymi powieki. Widoczna powierzchnia rogówki dodatkowo została podzielona na dwie części w dwóch różnych kolorach: tęczówkę i źrenicę. Dla łatwiejszej analizy modelu każdy jego element (również tło) ma unikalny kolor. Reguła ta nie dotyczy powiek, którym przypisano identyczne kolory. Opracowany model przedstawiono na rysunku 4.

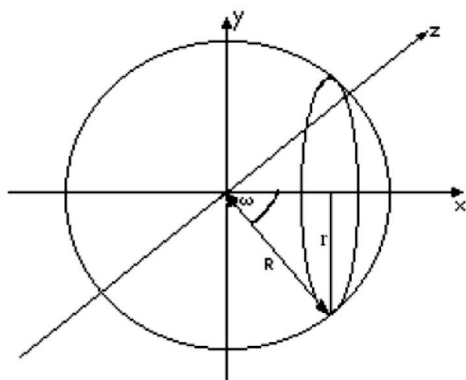


Rys. 4. Model gałki ocznej
Fig. 4. Eyeball model

Model zrealizowany jest zgodnie z zasadą brzytwy Ockhama – „nie należy mnożyć bytów ponad potrzebę”. Prostota tego modelu polega na tym, że wszystkie jego elementy z wyjątkiem tła, są reprezentowane przez powierzchnie wycinków sfery o odpowiednio dobranych parametrach.

Do pełnego opisu pojedynczego wycinka sfery potrzebne są następujące parametry (rys. 5):

1. Trzy współrzędne środka (x, y, z) i promień sfery (R) , której częścią jest wycinek. Środek sfery przedstawionej na rysunku 5 znajduje się w początku układu współrzędnych.
2. Szerokość kątowna wycinka opisana przez kąt ω zawarty pomiędzy promieniem przechodzącym przez krawędź wycinka oraz promieniem przechodzącym przez środek ciężkości wycinka. Dla zwiększenia czytelności rysunku dodano również promień krawędzi wycinka sfery r .
3. Dwa kąty określające obrót wycinka względem środka układu współrzędnych.
4. Liczba określająca kolor wycinka.



Rys. 5. Wycinek sfery
Fig. 5. Segment of a sphere

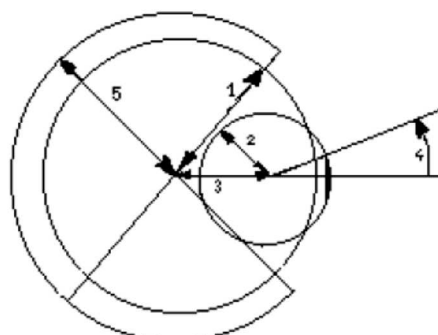
Model składa się, jak wspomniano wcześniej, z pięciu takich wycinków, których położenie wyznaczone jest na podstawie współrzędnych środka oka, dwóch kątów obrotu

(patrzenia) oka, dwóch kątów określających obrót osi oka względem osi optycznej widza (kamery), a także liczby wpływającej na przymrużenie powiek (odchylenie osi powiek od pionu). Wszystkie parametry modelu zebrano w tabeli 1.

Tabela 1

Parametry modelu oka

Opis parametru	Wartość	Oznaczenie na rysunku 6
promień gałki ocznej	12 mm	1
promień rogówki	6 mm	2
odległość środka gałki ocznej od środka rogówki	8 mm	3
kąt ω żrenicy	25 stopni	4
promień powiek	13 mm	5
kolor tła	#010101	–
kolor gałki ocznej	#FFFFFF	–
kolor powiek	#646464	–
kolor żrenicy	#000000	–
kolor tęczówki	#C8C8C8	–



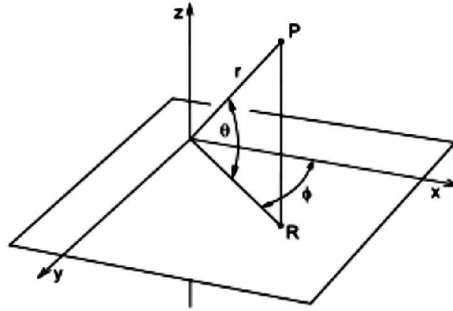
Rys. 6. Schemat modelu oka
Fig. 6. Eyeball model schema

Na podstawie tych parametrów dokonano wizualizacji opracowanego modelu polegającej na zbudowaniu „hologramu” składającego się ze zbioru voxelów. Kolor każdego voxelu odpowiada kolorowi wycinka sfery przechodzącego przez ten voxel. Nieobrócony wycinek sfery ze środkiem w początku układu współrzędnych tworzą voxele o współrzędnych (x, y, z) , dla których spełnione są zależności opisane wzorem (1):

$$\begin{cases} \text{ctg } \omega < \frac{z^2}{x^2 + y^2}, \\ x^2 + y^2 + z^2 = r^2. \end{cases} \quad (1)$$

Po przesunięciu takiego wycinka sfery o wektor $\mathbf{t} = [a \ b \ c]$, równanie (1) przyjmuje postać:

$$\begin{cases} \operatorname{ctg} \omega < \frac{(z-c)^2}{(x-a)^2 + (y-b)^2}, \\ (x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2 = r^2. \end{cases} \quad (2)$$



Rys. 7. Graficzne przedstawienie kątów obrotu otrzymanej figury.

Pobrano z pl.wikipedia.org

Fig. 7. Graphical representation of the rotation angles obtained figure.

Downloaded from pl.wikipedia.org

Gdy otrzymana figura jest dodatkowo obrócona o kąty φ oraz θ (oznaczenie kątów na rysunku 7), przy określaniu przynależności voxelu do tej figury należy uwzględnić macierze obrotów opisane wzorami 3 i 4:

$$\mathbf{R}_\varphi = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$\mathbf{R}_\theta = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Wyniki iloczynów (połączenia) tych macierzy obrotów wynoszą odpowiednio (5) i (6):

$$\begin{bmatrix} \cos \varphi \cos \theta & \sin \theta & \sin \varphi \cos \theta \\ -\cos \varphi \sin \theta & \cos \theta & -\sin \varphi \sin \theta \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} \text{ w kolejności } \mathbf{R}_\theta \mathbf{R}_\varphi \quad (5)$$

oraz

$$\begin{bmatrix} \cos \varphi \cos \theta & \cos \varphi \sin \theta & \sin \varphi \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ -\sin \varphi \cos \theta & -\sin \varphi \sin \theta & \cos \varphi \end{bmatrix} \text{ w kolejności } \mathbf{R}_\varphi \mathbf{R}_\theta \quad (6)$$

Macierz (6) jest używana do obrotu wycinków reprezentujących tęczówkę i źrenicę, zaś (5) do obrotu wycinków reprezentujących powieki. Na podstawie tych wzorów sporządzono wykres-hologram, którego projekcja przedstawia docelowy model. Projekcja jest rzutem prostokątnym, który działa przez analizę hologramu dla każdego punktu obrazu, jaki otrzymano. Ważna jest kolejność szukania kolejnych wycinków – decyduje o tym, który z nich będzie na wierzchu.

Tworzenie animacji na podstawie serii projekcji hologramu modelu wygląda następująco:

- stworzenie przez program macierzy przedstawiającej projekcję modelu;
- stworzenie pliku graficznego zawierającego model;
- przetworzenie serii plików graficznych na film;
- skasowanie niepotrzebnych plików.

Punkty (1) i (2) zostały zrealizowane wewnątrz kodu źródłowego programu tworzącego model, zapis odbywa się do pliku o formacie pgm. Format ten jest najprostszym formatem przedstawiającym monochromatyczne obrazy [4]. Punkt (3) został zrealizowany za pomocą programów *convert* (przetwarzającego w tym wypadku pliki pgm na jpg) oraz *mencoder* (interpretującego pliki jpg jako klatki i tworzącego na ich podstawie film), zaś punkt (4) programem *rm*. Wszystko to zostało zautomatyzowane za pomocą skryptu w bashu.

4. Wnioski

Model został pomyślnie wykorzystany podczas pisania pracy magisterskiej *Śledzenie gałki ocznej* do przetestowania metody detekcji oraz śledzenia oka. Przewiduje się dalsze doskonalenie modelu, by jeszcze lepiej odwzorował oko. Można to uzyskać m.in. dzięki dodaniu szumu, cieni, a także nakładaniu tekstur na powierzchnie różnych części modelu, oraz zniekształceń powodujących pofałdowanie ich krawędzi. Konieczne jest także uwzględnienie w modelu perspektywy, gdyż aktualny model jest jedynie rzutem oka na płaską powierzchnię.

Literatura

- [1] Xiong L., Zheng N., You Q., Liu J., Du S., *Eye Synthesis Using the Eye Curve Model*, 19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence.
- [2] Moriyama T., Kanade T., Xiao J., Cohn J.F., *Meticulously Detailed Eye Region Model and Its Application to Analysis of Facial Images*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 28, No. 5, May 2009.
- [3] Banf M., Blanz V., *Example-Based Rendering of Eye Movements*, Eurographics, 2009, Vol. 28, No. 2, 2009.
- [4] Yiyu C., Chee-Kong Ch., Yaoping W., Zhenlan W., Anderson J.H., *Parametric Eyeball Model for Interactive Simulation of Ophthalmologic Surgery*.
- [5] Poskanzer J., *dokumentacja pgm*, ACME Laboratories 2003 (netpbm.sourceforge.net/doc/pgm.html).