



Wprowadzenie do współczesnej inżynierii

Modele Deformowalne

Dr inż. Piotr M. Szczypiński



Zakres zagadnienia

Wynikiem akwizycji obrazów naturalnych są cyfrowe obrazy rastrowe:

- dwuwymiarowe (np. fotografia)
- trójwymiarowe (np. tomografii komputerowej)
- oraz zmienne w czasie (np. wideo)

Pomiar wielkości umożliwiających opis tych obrazów lub rozumienie ich treści, w tym np. postawienie miarodajnej diagnozy medycznej, wymaga zastosowania metod przetwarzania i analizy

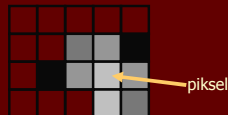
Modele deformowalne to grupa metod przetwarzania i analizy obrazów rastrowych pozwalająca na wyodrębnienie z obrazu istotnych informacji



Pojęcia podstawowe

Rastrowy obraz cyfrowy

$I(x, y)$



pixel



Pojęcia podstawowe

Wartość bezwzględna gradientu obrazu

$I(x, y)$



$|\nabla I(x, y)|$



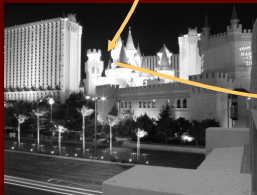
Pojęcia podstawowe

Funkcja podobieństwa (-MAD, -SAD, MI)

blok

$$MAD(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |I_{obraz}(x+m-\frac{M}{2}, y+n-\frac{N}{2}) - I_{blok}(m, n)|$$

obraz



MAD



Do czego służą modele deformowalne

Deformowalna krzywa (aktywny kontur):
- wyznaczanie konturu obiektu w obrazie

Deformowalna powierzchnia:
- wyznaczanie kształtu powierzchni w trzech wymiarach

Deformowalna siatka płaska:
- rozpoznawanie obiektów w obrazach
- określanie stopnia zniekształcenia
- śledzenie ruchu w wideo

Aktywny kontur w przykładach

Poszukiwanie konturu ziarna (obraz USG)

Poszukiwanie konturu lewej komory serca (obraz USG)

Aktywny kontur podstawy działania

„Energia” modelu

$$E_S = \int_0^{S_m} [E_i(\mathbf{v}(s)) + E_p(\mathbf{v}(s))] ds$$

Oddziaływanie obrazu

$$E_p(s) = -|\nabla I(\mathbf{v}(s))|$$

Napężenie krzywej

$$E_i(\mathbf{v}(s)) = \tau \left| \frac{d\mathbf{v}(s)}{ds} \right|^2 + \rho \left| \frac{d^2\mathbf{v}(s)}{ds^2} \right|^2$$

Sily oddziałujące na aktywny kontur

$$\mathbf{F}(s) = -\nabla E_S(s)$$

Minimalizacja energii

$$m \frac{\partial^2 \mathbf{v}(s,t)}{\partial t^2} + l \frac{\partial \mathbf{v}(s,t)}{\partial t} = \mathbf{F}(s,t)$$

Dyskretyzacja

Dyskretyzacja – podział krzywej na węzły i połączenia między nimi

$$E_S = \sum_s [E_i(\mathbf{v}(s)) + E_p(\mathbf{v}(s))]$$

Aktywny kontur (parametryczny)

Inne zastosowania

Ocena stanu psychofizycznego osoby na podstawie analizy dynamiki mrugania

[badania prowadzi mgr inż. Aleksandra Królak]

Deformowalna powierzchnia

Deformowalna powierzchnia jest uogólnieniem aktywnego konturu do analizy przestrzeni trójwymiarowych

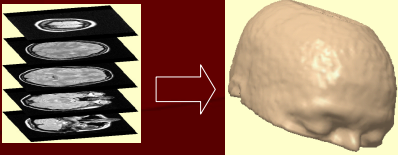
Cel analizy

Dane wejściowe:

- tomografia MRI, CT lub USG 3D

Cel analizy:

- umożliwienie wizualizacji powierzchni w trzech wymiarach (edukacja, planowanie operacji)
- opis ilościowy i jakościowy (diagnostyka medyczna)



Deformowalna powierzchnia podstawy działania

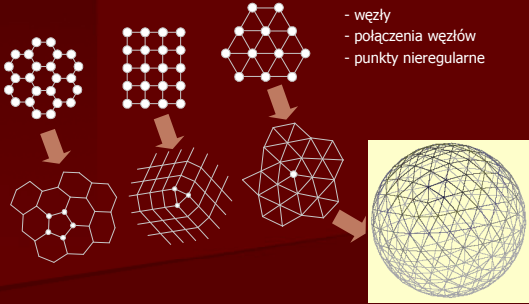
$$E_S = \iint_{\Omega} [E_i(\mathbf{v}(\mathbf{s})) + E_p(\mathbf{v}(\mathbf{s}))] ds$$

„Energia” modelu

$$E_i = \tau \left[\left| \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial i} \right|^2 + \left| \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial j} \right|^2 \right] + \rho \left[\left| \frac{\partial^2 \mathbf{v}}{\partial i^2} \right|^2 + 2 \left| \frac{\partial^2 \mathbf{v}}{\partial i \partial j} \right|^2 + \left| \frac{\partial^2 \mathbf{v}}{\partial j^2} \right|^2 \right]$$

Naprężenie krzywej

Dyskretyzacja modelu do postaci sieci



- węzły
- połączenia węzłów
- punkty nieregularne

Generowanie sieci deformowalnej powierzchni

Etapy generowania sieci:

- dwudziestokąt foremny
- podział dwudziestokąta
- opcjonalna siatka trójpołączeniowa
- przesuwanie się węzłów



[Wikipedia]

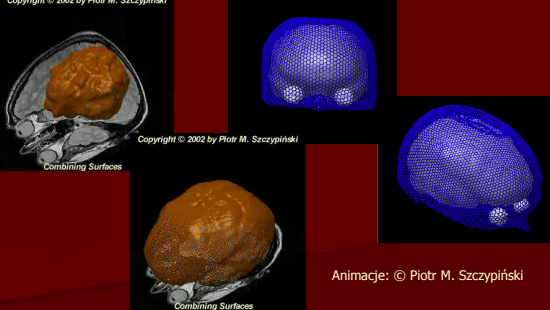
Przykłady analizy za pomocą deformowalnej powierzchni



Copyright © 2002 by Piotr M. Szczypiński

[dane 3D z projektu *Visible Human*]
Animacja: © Piotr M. Szczypiński

Przykłady analizy za pomocą deformowalnej powierzchni



Copyright © 2002 by Piotr M. Szczypiński

Animacja: © Piotr M. Szczypiński

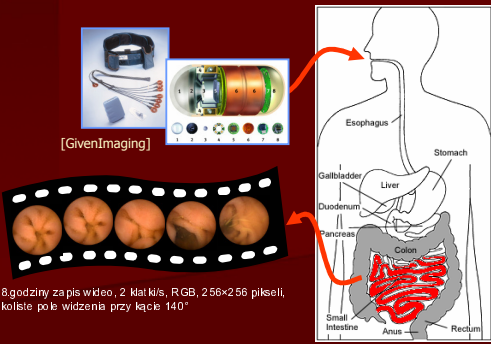
Zastosowanie do śledzenia ruchu obiektów



Zastosowanie do śledzenia ruchu obiektów



Analiza ruchu kamery/obserwatora w endoskopii bezprzewodowej



[GivenImaging]

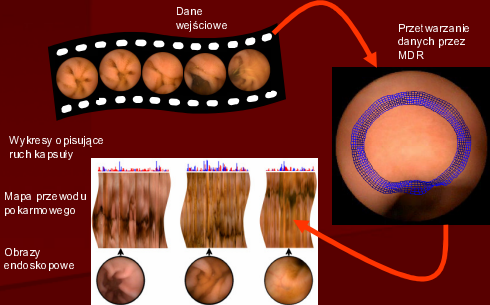
8-godzinny zapis wideo, 2 Matkiś, RGB, 256x256 pikseli, kółka poś widzenia przy kącie 140°

Analiza ruchu kamery/obserwatora w endoskopii bezprzewodowej



[Animacja: GivenImaging]

Analiza wideo za pomocą modelu deformalnych pierścieni



Dane wejściowe

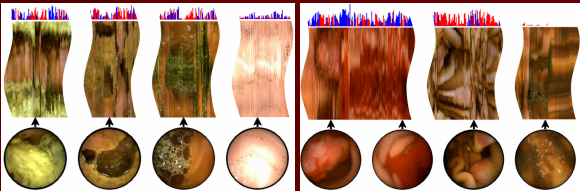
Przetwarzanie danych przez MDR

Wykresy o piszącej ruch kamery

Mapa przewodni pokarmowego

Obrazy endoskopowe

Wynik analizy



Kolejno: częściowo strawiona treść pokarmowa, treść pokarmowa oraz bąbelki gazu, piana z gazu i soków trawiennych, przświetlony obraz jelita cienkiego

Kolejno: rozbudowane otwórczenie Crohna, miejsce krwawienia, erozja ścianek przewodni pokarmowego, miejsce zatrzymania się kapsuły



Podsumowanie

W wykładzie przedstawiono wybrane zagadnienia dotyczące parametrycznych modeli deformowalnych, w tym:

- Model aktywnego konturu,
- Model elastycznej powierzchni,
- Model deformowalnej siatki płaskiej
 - do rozpoznawania obiektów
 - do analizy ruchu
- Budowę modeli jako zbioru połączonych punktów węzłowych
- Definicję tzw. energii wewnętrznej o składowych:
 - oddziaływania obrazu na węzeł
 - modelowania naprężeń
- Podstawowy dotyczące dopasowania modelu poprzez minimalizację energii wewnętrznej
- Zastosowania w analizie obrazów biomedycznych 2W, 3W i wideo



Dodatkowe źródła informacji

<http://www.eletel.p.lodz.pl/>

<http://www.eletel.p.lodz.pl/~pms/>