XI. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2006. március 24-25.

MRI KÉPEK FELDOLGOZÁSA

László Sándor Elek, Szilágyi Sándor Miklós

Abstract

This Paper presents processing methods of MRI data. The program uses the raw data to create a 3D object on which we analyze each point to decide if it belongs to the entity. For this purpose I developed some methods based on approximation which can separate noise and object area based on a binary filter. In the second part of my work I analyzed the obtained data using filters and edge detectors. Segmentation is the last step of the process.

Összefoglalás

Dolgozatomban MRI (Magnetic Resonance Image) felvételek feldolgozására és elemzésére alkalmas eljárásokkal foglalkozom. A feldolgozandó fehér-fekete képekből rekonstruált térbeli objektumon meg kell határozni azokat a pontokat, melyek egy összefüggő felülethez tartoznak. Erre a célra kidolgoztam egy megközelítésen alapuló módszert, amely a képeken elkülöníti a zajokat, mialatt a hasznos információt tartalmazó részek teljes egészében megmaradnak. Ezt egy *bináris szűrő*¹ valósítja meg. A dolgozat második fele a szűrésen, él-kiemelésen és felület-meghatározó módszereken alapuló elemzésekkel foglalkozik.

1. Bevezető

Az orvostudományban rendkívül fontosak az olyan eljárások, amelyek során pontos képet kapnak egy testrész belső felépítéséről. Az MR berendezés által készített felvételek nagy felbontásban adják vissza a vizsgált testrész képét.

Az MR képeken a hidrogént tartalmazó anyagok jelennek meg. A felvételek készítésekor a berendezés ráhangolható csak meghatározott hidrogéntartalmú tartományok megjelenítésére, így tehát képes csak a csontszövet, vagy csak az izomszövet feltérképezésére.

Abban az esetben, ha egy képen minden "komponenst" (izom, csont, stb.) szeretnénk látni, akkor a képen megjeleníthető színskála eloszlik a más-más összetevők között. Céлом, hogy az így módon készített felvételeken számítógép segítségével elkülönítsem az összetevőket.

- az MR képek egyes tartományainak szétválasztása a szegmentálás [7]. A feldolgozásra váró képeken él-meghatározást kell végezni. A legelterjedtebb a Watershed [7] alapú él-meghatározó algoritmus, amelyet egyes alacsony kontraszt [7] kereső eljárásokkal egy időben hatékonyan lehet alkalmazni.
- a legtöbb ismert módszer térbeli határfelületek meghatározása céljából térfogategységekre bontva vizsgálja térbeli tartományokat [6]-[7]-[8]. Az egyes térfogategységek paramétereit figyelembe véve döntenek el, hogy melyik tartomány részét képezi [5]-[7].

¹ bitműveletekre épített gyors szűrés eljárás

A fenti két pontnál említett eljárások során kapott eredményeket egybevetve meg lehet meghatározni az egyes tartományok határfelületeit [8].

Egy él-kiemelő módszert szeretnék kidolgozni, amely levágja a kis/nagy amplitúdójú zajokat egy megadott küszöbnek megfelelően és a tartományok határán lévő vonalak folytonosságát nem rontja. A kapott képekből, a folytonosságot vizsgálva, ki kell szűrni az elszórtan megjelenő 1-2 pixeles, gyenge átmeneteket jelző éleket, majd azonosítani kell az egyes tartományokat.

Mint utolsó lépés a felületek beháromszögezését [1]-[2]-[3] volna fontos elvégezni.

2. Módszer ismertetése

A programmal monokróm képeket tanulmányoztam, amelyek felbontása 256x256 pixel. Minden kép ugyanabban a síkban készült. A vizsgált területről készített metszetek száma (Y tengely szerinti felbontás) arányos kell legyen a képek a képek felbontásával (X, Z tengelyek szerinti felbontás). Ha ez nem teljesül, akkor a képek alapján rekonstruált objektum méretei nem lesznek arányosak a valódi alakzat méreteivel.

A színeképelemzés után kiderült, hogy az alacsony intenzitású háttér zajt a sötét színek adják. A véletlen előfordulású, ritka, nagy intenzitású zajok, melyek a hasznos képpontokhoz hasonlóak, a háttéren elszórtan jelennek meg. A nagy intenzitású ritka zajokat könnyen ki lehet szűrni.

Kiindulásként meg kell találni egy képen azon pontokat, amelyek egy összefüggő objektumhoz tartoznak. Az eljárást csakis néhány logikai alpműveletre építhetem figyelembe véve a feldolgozandó adatok mennyiségét (kb. 16 millió pixel).

A hasznos képpontok meghatározására felépítettem a következő algoritmust:

- 1) Meghatározok a képekből nyert ponthalmazt magába-foglaló térrészre egy felosztást.
- 2) Megjelölöm azon kis térrészeket, amelyek számottevően sok hasznos képpontot tartalmaznak.
- 3) Hasznos képpontot tartalmaz az a térrész, amely:
 - a) meg van jelölve (I típus)
 - b) tartalmaz nagy intenzitású pontokat és van I típusú szomszédja (II típus).

1. ábra: Hasznos képpontok elkülönítése

Az alábbi ábra a fenti lépések során végzett műveleteket mutatja be mutatja be.

2. ábra: hasznos képpontok elkülönítése

A valós idejű megjelenítés feltétele, hogy a vizsgált képpontok számát lecsökkentsük. A vizsgált objektumok helyett célszerű csak az objektumok felületén lévő pixeleket megjeleníteni. Abban az esetben, ha az objektumról metszetet is szeretnénk készíteni, nem elég csak a külső felület meghatározni. Szükség van az összes törésvonalra, amelyek meghatározzák a metszetben megjelenítendő felületeket.

Élkiemelés

Az első próbálkozás az összefüggő tartományok szétválasztására súlyozott átlag számítással történt. Egy adott pont környezetéből kiindulva megpróbáltam következtetni magára a pontra. A számolt és a valódi érték közötti relatív hiba segítségével a más-más tulajdonságú térrészek határait lehet megjeleníteni [8]. A környező pontokat különböző súlyozással veszem figyelembe. Az egyes pontok intenzitását kifejező értékeket szorzom egy-egy (0,1) intervallumbeli n_1 , n_2 , n_3 , ... számmal, úgy hogy $n_1+n_2+n_3+\dots=1.00$ legyen.

0.05	0.2	0.05
0.2	1.0	0.2
0.05	0.2	0.05

3. ábra: Példa él-kiemelésnél használható súlyozásra

A módszer nagyon jól működik és legfőbb előnye, hogy kevésbé érzékeny a kis és közepes amplitúdójú zajokra. Minden egyes képpontra elvégezve a számításokat az eredeti kép egy transzformációját kapom, amely már nagyon kevés zajt tartalmaz.

$$p_szamolt = n1 * p1 + n2 * p2 + \dots + n8 * p8 \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{p0 - p_szamolt}{p_{Max}}$$

Az (1) –es képletben **p1,p2,...p8** a **p0** szomszédos pontjai, p_{Max} pedig a lehető legnagyobb eltérés. Az epsilon által jelzett eltérés, amely élet feltételez 15%-nál nagyobb kell legyen. A kisebb értékekre már az enyhe változások is élként jelennek meg (mint például a zajok által okozott változások).

Szegmentálás

Minden eddigi számítás ennek a műveletnek az előkészítésére szolgál. Szegmentálás alatt a hasonló tulajdonságú képpontok halmazokba rendezését értem [5]. A halmazok határainak tekintem a fenti részben meghatározott törésvonalak által leírt felületeket. A törésvonalakat tartalmazó kétdimenziós képeket felhasználva egy háromdimenziós mátrixot hozok létre.

Az egyes halmazok meghatározására a következő lépésekben történik:

- 1) A ponthalmazokat tartalmazó háromdimenziós mátrix egy olyan pontjából mely egyik halmazban sincs benne, elindítok egy floodfill eljárást.
- 2) Mikor a floodfill határfelülethez ér, akkor az adott helyen a felület részét képező pixelhez egy azonosítót rendel. Ugyanazt az azonosítót rendeli a képpontokhoz mindaddig, amíg a floodfill már nem tud tovább terjeszkedni.
- 3) Törölöm az azonosított pixeleket és az egész folyamatot ismételem az 1) művelettől kezdve, mindaddig amíg nem marad azonosítatlan felület.

A halmazokat a nekik megfeleltetett indexű felületek határolják. Konkrétan az 1. halmazt az 1. és 2. felület határolja. Ezzel a módszerrel körülbelül 3-4 halmazt lehet elkülöníteni. Az MRI képekből rekonstruált háromdimenziós testrészt ily módon könnyebben vizsgálható és lehetőség nyílik a fontosabb részek kiemelésére, vagy a kevésbé fontosak elrejtésére.

A konkrét megvalósításnál érdemes az eredeti képek két különböző hibakorlással létrehozott transzformációját elkészíteni ($\varepsilon_1, \varepsilon_2$, ahol $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$). Természetesen a két érték közti különbség megválasztásán van a hangsúly.

- kisebb hibakorlással dolgozva zajosabb képet kapok. A megjelenő zajoknál nagyobb jelentőségű, hogy a határfelületek folytonossága kisebb mértékben sérül. Ezzel a megoldással növelni lehet az elkülöníthető halmazok számát (kb. 1-2 új halmaz jelenik meg).
- a nagyobb hibakorlással készített transzformáció majdnem teljesen zajmentes, viszont a határfelületek enyhe töredezettsége miatt kevésbé alkalmas a halmazok meghatározására. Ezt a transzformációt csak a megjelenítésnél használom.

Egyszerű elemzés alapján levont következtetés:

Jelölje $D1$ az ε_1 -hez, $D2$ pedig az ε_2 -höz tartozó pixelek halmazát.

Minden esetben teljesül a $D2 \subset D1$ összefüggés.

Az előbbi következtetés alapján a $D2$ halmaz minden elemének van megfelelője a szegmentálásra alkalmas $D1$ halmazban, tehát a két transzformáció együttes használata a pontos szegmentálással egyidejűleg teszi lehetővé a zajmentes kép létrehozását.

3. Eredmények

Az optimalizálásokkal ellátott programnak az egyes műveletekre igényelt ideje, 100 darab képre (Teszt rendszer: P4 1.6 GHz; 512 Mb RAM):

Művelet	Futási idő [ms]
Élkiemelés	3190
Hasznos pixelek meghatározása	240
Él-meghatározás	18210

Az élmeghatározásnál néhány képen a körvonalak folytonossága megszűnt (a 3. képen az orr és a fül környékén). A gyenge szín átmenetek miatt az élek nem lettek kiemelve, ezért jelentek meg a fej belsejében is a körvonalak.

A megjelenítésre kerülő képpontokat a videokártya memóriájába tárolom (lásd: vertex buffer, [1]-[2]), amely automatikusan elvégzi a megjelenítést, következésképpen másodpercenként több mint tíz frame [2] jeleníthető meg.

4. Elemzések és következtetések

Az ismertett módszerek felhasználásával készített program képes MRI képek által ábrázolt formák háromdimenziós megjelenítésére, lehetőséget adva a belső szerkezetük feltérképezésére.

4. ábra: kép a programból

A program jellemzői:

- általános algoritmussal végzi a szegmentálást, próbálva elkerülni a megközelítő modellek bevezetését.
- meg tudja határozni az vizsgált objektumokban lévő határfelületeket, minek következtében a 16 millió bemeneti pixel helyett csak 1 milliót kell kezelni. Az 1 millió pixel már valós időben megjeleníthető.
- elvégzi a képeken található különböző tartományok elkülönítését.

A már meglévő programok a számítások gyorsítása végett bitműveletekre épülnek, ami ugyancsak hibát eredményez a közelítő modell elkerülhetetlen alkalmazása miatt. A felületek hááromszögzésének megkerülésére ideiglenesen egy jól működő helyettesítést találtam. Az OpenGL segítségével megjelenített pontok méretét növelve a folytonoshoz közel álló felületeket sikerült kirajzolni [1]-[2].

Ahhoz, hogy a képeken látható egyes tartományokat megfelelő hatékonysággal elkülönítsem, a vizsgált felvételek egymáshoz megfelelően közeliek kell legyenek, ellenkező esetben lényeges hibák jelenhetnek meg.

Végso következtetés, hogy a leírt módszer hatékonysága nagymértékben függ a feldolgozott képeken tárolt információ folytonosságától (a felvétel minőségétől) és az él-kiemelésnél alkalmazott algoritmus érzékenységétől.

A fejlesztés következő célja a kapott felületek beháromszögzése.

Irodalom

- [1] Mark J. Kilgard „*All About OpenGL Extensions*” including specifications for some significant OpenGL extensions, NVIDIA Corporation.
- [2] Jeff Molofee „*OpenGL Tuotutorials*”, www.nehe.gamedev.net
- [3] László Sándor Elek „*A 3D modellezés lehetőségei*”, IX. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka , Kolozsvár 2004.
- [4] AF Goldszal, C Davatzikos, DL Pham, MXH Yan, RN Bryan and SM Resnick, "*An image-processing system for qualitative and quantitative volumetric analysis of brain images*" J Comput Assist Tomogr, 1998.
- [5] T Kaneko and Y Yamamoto, "*Volume-preserving surface reconstruction from volume data*", International Conference on Image Processing, 1997.
- [6] J Sijbers, P Scheunders, M Verhoye, A Vander Linden, D Van Dyck, and E Raman. "*Watershed-based segmentation of 3D MR data for volume quantization*" Magn Reson Imaging, 1997.
- [7] Peter J. Yim, Ronald M. Summers. "*Analytic Surface Reconstruction by Local Threshold Estimation in the Case of Simple Intensity Contrasts*", International Conference on Image Processing, 1999.

László Sándor Elek, hallgató

Sapientia egyetem
sankoboy@yahoo.com

Szilágyi Sándor Miklós, adjunktus

Sapientia egyetem
szs@rdslink.ro