

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Optika, Optika és Számítógépes Grafika Tanszék

Képelemzési módszerek

Mesterséges Intelligencia II. előadás

Dr. Nyúl László
 Szegedi Tudományegyetem
 Képfeldolgozás és Számítógépes Grafika Tanszék

2011.03.01.



1

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Optika, Optika és Számítógépes Grafika Tanszék

MI módszerek a képelemzésben

- Képjavítás
- Képszegmentálás
- Alakfelismerés
- Képleírás (jelenet leírás)
- Tudás reprezentáció
- Osztályozás
- Döntés támogatás
- Klasszikus döntések
- Statisztikai módszerek
- Neurális hálózatok
- Gráfelméleti megközelítések
- Fuzzy elmélet



2

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Optika, Optika és Számítógépes Grafika Tanszék

Automatikus retina képelemzési módszerek

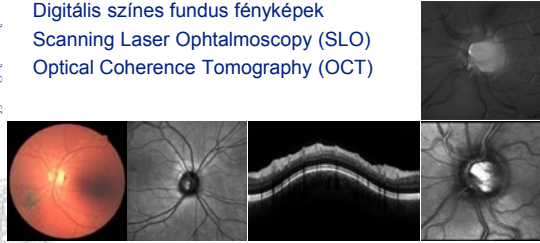


3

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Optika, Optika és Számítógépes Grafika Tanszék

A retina analízis digitális képei

Digitális színes fundus fényképek
 Scanning Laser Ophthalmoscopy (SLO)
 Optical Coherence Tomography (OCT)



4

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Optika, Optika és Számítógépes Grafika Tanszék

Vizsgált betegségek és szemfenék régiók


- Diabéteszes retinopátia (DR) [Court. MedicineNet.com]
 - Mikroaneurizmák, bevérzések, exudátumok
- Időskori makula-degeneráció (AMD)
 - Makula (sárgafolt) régió
- Krónikus magas vérnyomás (HT)
 - Vérerek alakja, görbületei
- Glaukóma (zöldhályog)
 - Artériás/vénás erek viszonya
 - Papilla (vakfolt, látóidegfő) környéke
 - Szemfenék sejtrétegeinek változása



5

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Optika, Optika és Számítógépes Grafika Tanszék

Automatikus glaukóma detektálás színes fundus képekből



6

Motiváció

- A glaukóma világszinten a vakság 2. vezető oka (50 év alattiaknál 1:200, 80 év felettiéknél 1:10)
- A glaukóma nem gyógyítható, de ha időben diagnosztizálják, lassítható az előrehaladása
- A fundus képeken már a funkcionális zavarok megjelenése előtt láthatók elváltozások
- Fontos szempont: megelőző v. gyógyító orvostan
- Hatékony szűrővizsgálatok csökkenthetik a szakorvosok terhelését a szükségtelen vizsgálatok kiszűrésével

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ophthalmológia és Személtan Szakintézet

7

Elképzelés

Olyan szűrővizsgálati rendszer, amely

- lehetővé teszi a glaukóma specifikus elváltozások gyors, robusztus, automatikus detektálását,
- képes megbecsülni a glaukóma rizikó nagyságát,
- hétköznapi környezetben is alkalmazható (pl. bevásárló központokban).

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ophthalmológia és Személtan Szakintézet

8

Digitális fundus kamera

[Court. NIH National Eye Institute] [Court. Kowa Company Ltd.]

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ophthalmológia és Személtan Szakintézet

9

A jelen technikák problémái

- A legtöbb glaukóma értékelés retina struktúrák szegmentálásán és a szegmenseken végzett méréseken alapul
- A szegmentálás gyakran manuális!
- Az ilyen technikák továbbviszik a lokalizálás és/vagy körülhatárolás hibáit a mérési eredményekbe és így a diagnózisba is

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ophthalmológia és Személtan Szakintézet

10

Képek szegmentálása

- Struktúrák automatikus szegmentálására esetenként szükség van
- A feladatok egy része könnyű a szakértőnek mégis nehéz rá számítógépes algoritmust készíteni
- Képkötő modalitásoktól és a vizsgált struktúráktól függően eltérő módszerekre van szükség
- **Fontos: kétirányú kapcsolat**
 - A szakértő tudás reprezentálása számítógépes algoritmusokban alkalmazható módon
 - A kiszámított eredmények / értékek segíthetik a szakértőket diagnosztikai / döntéshozó munkájukban

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ophthalmológia és Személtan Szakintézet

11

A javasolt rendszer

- Digitális fundus fényképeket alkalmaz automatikus glaukóma szűrésre
 - Eddig nem igazán alkalmazták erre a feladatra
 - A vizuális értékelés természetes bemenete, eleve rendelkezésre álló képek
- Utánozza (számítógépes algoritmusokkal) a szakorvos értékelési módszerét
 - A lényeges struktúrákat (pl. látóidegfő) úgy vizsgálja, hogy más részleteket (pl. véredények, zaj, megvilágítási artefaktumok) implicit figyelmen kívül hagy
 - Nehéz feladat

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ophthalmológia és Személtan Szakintézet

12

Megjelenés-alapú osztályozás

- Adat-vezérelt megközelítés
 - Teljes régiókat, a pixel értékeket és számított textúra jellemzőket használ
 - Nem függ konkrét struktúra-szegmentálástól és méréstől
 - Magas dimenziójú tulajdonságtereken robusztus osztályozás
- Az automatikusan kiszámított paraméterek, mint új jellemzők alkalmazhatók a szokásos szűrővizsgálati protokollokban

Automatikus Glaukóma Rizikó Index kiszámítási folyamata

Az előfeldolgozás lépései

- Megvilágítás korrekció
- Véredények “eltávolítása”
- Papilla normalizálás

Megvilágítás korrekció

$$I(x, y) = L(x, y) \cdot R(x, y) \quad I \in \mathbb{R}^{n \times m}$$

$$I_{\log}(x, y) = \log(L(x, y) \cdot R(x, y)) = L_{\log}(x, y) + R_{\log}(x, y)$$

$$i_{\log} = (W \cdot S) \cdot c$$

$$S \in \mathbb{R}^{N \times 15}, N = n \cdot m, c \in \mathbb{R}^{15}, W = \text{diag}(w), w \in \{0, 1\}^N$$

$$r_{\log} = i_{\log} - S \cdot c$$

Véredények “eltávolítása”

- Véredények szegmentálása
 - Területi jellemzők (adaptív küszöbölés)
 - Határ jellemzők (Canny éldetektor)
 - Strukturális jellemzők (vékony, hosszú, párhuzamos élekkel határolt,...)
 - Validálás (illesztett szűrő válasza alapján)
 - Morfológiai “igazítások”
- Véredények “befestése”
 - Inpainting

Véredények szegmentálása

Eredeti színes fundus fénykép

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéltudományi és Számítógépes Grafika Tanszék

Véredények szegmentálása

Eredeti zöld színcsatoma



19

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéltudományi és Számítógépes Grafika Tanszék

Véredények szegmentálása

Adaptív küszöbölés és Canny éldetektálás



20

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéltudományi és Számítógépes Grafika Tanszék

Véredények szegmentálása

Kis objektumok elhagyása



21

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéltudományi és Számítógépes Grafika Tanszék

Véredények szegmentálása

Objektumoktól távoli éldarabok elhagyása



22

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéltudományi és Számítógépes Grafika Tanszék

Véredények szegmentálása

Élekkel nem jól határolt objektumok elhagyása



23

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéltudományi és Számítógépes Grafika Tanszék

Véredények szegmentálása

Több irány szerint illesztett szűrők válasza



24

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

Véredények szegmentálása

Potenciális véredény "kezdő" pontok



25

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

Véredények szegmentálása

Validált potenciális véredény pontok



26

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

Véredények szegmentálása

Rekonstruált objektum morfológiai zárás után



27

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

Képek "befestése" (inpainting)

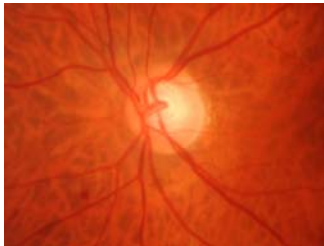
- Nem kívánatos objektumok, artefaktumok eltávolítása
- Eredetileg a képre Restaurálásban és videofeldolgozásban használták
- Ötlet: a hiányzó adatok helyére iteratívan információt "szivárogtatni" a környező régiókból
- Matematikai háttér
 - Magasabb rendű parciális differenciálegyenletek
 - Textúra szintézis
 - Térbeli diffúzió

28

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

Inpainting

Eredeti színes fundus fénykép




29

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
 Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

Inpainting

Durván szegmentált véredény maszk

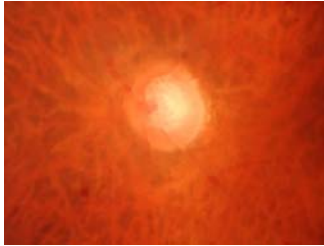


30

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

Inpainting

Véredény régiók "befestve"



31

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

Inpainting

Eredeti kép a látható véredényekkel

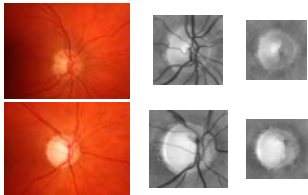


32

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

Papilla normalizálás

A detektált papilla 3-szoros sugarú négyzetes környezete 128x128 pixelre skálázva



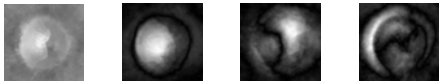
33

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

Tulajdonságvektorok

- Pixel intenzitás (128x128 kép) \mathbf{f}_{raw}
- FFT együtthatók (valós rész) \mathbf{f}_{fft}
- B-spline együtthatók (4. fokú) $\mathbf{f}_{\text{spline}}$

- Dimenzió csökkentés PCA-val
- 30 főkomponens mindegyik tulajdonságvektorból



34

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

FFT együtthatók

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^M \sum_{v=0}^N F(u, v) e^{j2\pi \left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N} \right)}$$

35

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Alkalmazás és Számítógépes Grafika Tanszék

B-spline együtthatók

$$p(x, y) = \sum_{k=0}^n \sum_{l=0}^m c(k, l) \beta^d(x-k, y-l)$$

$$\beta^0(x, y) = \begin{cases} 1 & \|(x, y)^T\| < \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \|(x, y)^T\| = \frac{1}{2} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta^d(x-k, y-l) = \underbrace{\beta^0 * \beta^0 * \dots * \beta^0}_{(d+1) \text{ times}}(x, y)$$

36

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéletek és Számítógépes Grafika Tanszék


Osztályozás

Support Vector Machines
(Bayes és KNN osztályozókat is próbáltuk)

2-lépcsős osztályozás
(Tulajdonság kiválasztást (pl. AdaBoosting) is próbáltuk)

1. lépcső: $f_{\text{prob}} = (p_{\text{raw}}(G), p_{\text{fit}}(G), p_{\text{spline}}(G))$

2. lépcső: $GRI = p_{\text{prob}}(G)$



37

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéletek és Számítógépes Grafika Tanszék

Validálás / Kiértékelés

- A javasolt módszert az egyes komponensek és különféle kombinációik részletes vizsgálatával alakítottuk ki
 - Először az előfeldolgozást vizsgáltuk, majd rögzítettünk egy elfogadható műveletsort
 - Kiválasztottuk a legbiztosabb jellemzőket
 - Összehasonlítottunk különféle osztályozási módszereket
- Több száz valódi fundus képen teszteltük
 - A valós ("ground truth") osztályozást szakorvos végezte a standard glaukóma szűrés **összes** paraméterének figyelembevételével




38

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéletek és Számítógépes Grafika Tanszék

Eredmények

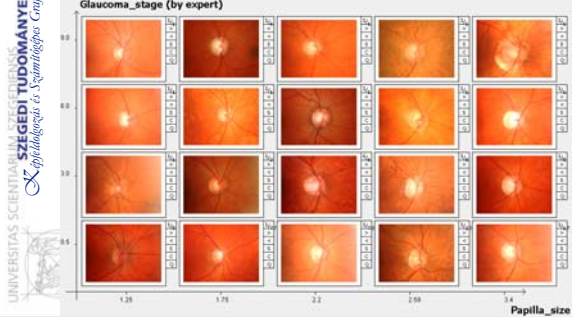
- Új automatikus glaukóma osztályozó rendszer, kizárólag kép-alapú jellemzőket használ
- A GRI siker rátája (86%) összemérhető a szakértők teljesítményével hasonló körülmények között
- Alkalmas lehet széleskörű szűrővizsgálatokra (automatikus és egy egyszerű, olcsó modalitás)
- Az automatikusan kiszámított jellemzők az adatok újszerű reprezentációját adják, ami az orvosok számára új és segíthet a betegség megértésében



39

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéletek és Számítógépes Grafika Tanszék


Erlangen Glaucoma Matrix



40

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéletek és Számítógépes Grafika Tanszék

Erlangen Glaucoma Matrix




41

UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Ápítéletek és Számítógépes Grafika Tanszék

Amiről szó esett ...

- MI módszerek a képelemzés területén
- Képszegmentálási és osztályozási feladatok a retina analízis körében
 - Papilla, vérerek, idegrost réteg, makula, mikroaneurizmák, exudátumok, ...
- Fontos dolgok!
 - Módszerek kvantitatív kiértékelése nagy adathalmazokon
 - Automatikus tulajdonság kinyerők
 - Megbízható, automatikus osztályozók
 - Szűrővizsgálati protokollok
 - Komoly párbeszédnek orvos és informatikus között



42