

## **CAD-rendszer fejlesztése a mellkasröntgen-felvételek elemzésére**

Bogatin György, Gados Dániel, Tatár Loránd Gergely, Dr. Horváth Gábor  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

**A daganatos megbetegedések, és ezek között is elsődlegesen a tüdőrák, súlyos egészségügyi problémát jelentenek mind Magyarországon mind a világ legtöbb országában. A betegség korai felismerése jelentősen javíthatja a páciens túlélési esélyeit. A röntgenfelvételek elemzésének számítógépes támogatása segítséget jelenthet a korai felismerésben. A mellkasröntgen-felvételek automatikus elemzése a kimondottan nehéz feladatok közé tartozik a probléma összetettsége és a nagy számítási erőforrásigény miatt. A feldolgozó eljárások és az eszközök fejlődése azonban mára már reálissá tette, hogy ilyen rendszerek kifejlesztése meginduljon. Cikkünkben ezen terület, valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen nemrég megkezdett munka első eredményeinek rövid bemutatására vállalkozunk.**

Hazánkban a halálozási okok között kiemelkedő helyet foglalnak el a rákos megbetegedések. A tüdő rosszindulatú daganatai különösen gyakran fordulnak elő. Ezen a területen a magyar férfiak halálozási mutatói a legrosszabbak a világon, de a nők esetében sem mutat jelentősen jobb képet a statisztika [3]. A megbetegedések nagy száma és a kezelés eredményességének javítása érdekében fontos a kóros elváltozások korai észlelése.

A mellkasröntgen-felvételek diagnosztikus értékét szoftveres analízáló programok segítségével növelhetjük, melynek a daganatos elváltozások felismerésében van leginkább jelentősége.

A kezdeti stádiumú, még hatékonyan kezelhető daganatok nehezen ismerhetők fel. Az időben felállított megbízható diagnózis számottevően növelhetné a túlélés esélyét. Jelentős lépésnek számít, hogy hazai viszonylatban is egyre több egészségügyi intézményben áll rendelkezésre nagyobb felbontóképességű digitális mellkasfelvételi berendezés, mely megteremtette a lehetőséget a computerrel támogatott automatikus diagnosztikus szoftveres megoldások alkalmazásához.

### **CAD-RENDSZEREK – ELŐNYÖK ÉS HÁTRÁNYOK**

Az emberi értékelés és diagnosztika hátrányos velejárói egy döntéstámogató CAD-rendszer (számítógéppel támogatott diagnosztikai rendszer) segítségével mérsékelhetők, mivel lehetővé válik a tüdőröntgen-felvételek gyors, ki-

egyensúlyozott és megbízható elemzése. A számítógépes képfeldolgozás nehéz és számításigényes folyamat – az emberi agykéreg közel 40%-a kapcsolatos a vizuális információk feldolgozásával [4] –, így a szükséges sebesség nem csak jól megírt algoritmusokat, hanem modern és megfelelő színvonalú hardverhátteret is igényel. Ezen követelményeket kielégítő eszközök csak a közelmúltban jelentek meg, és váltak tömegesen elérhetővé.

A fejlődés minden területen motiválta a döntéstámogató rendszerekkel kapcsolatos kutatásokat és azok fejlesztését. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszékén folyó kutatás során a mammográfiás felvételek számítógépes feldolgozása terén elért sikerek [7] ösztönözték azt, hogy meginduljon az a munka, mely a mellkasröntgen-felvételek elemzését tűzte ki célul.

A mellkasröntgen-felvételek vizsgálatát támogató CAD-rendszernek alapvetően bizonyos elváltozásokra utaló jellegzetességeket és a felvételeken megjelenő struktúrákat kell kiemelnie, felhívnia rájuk a figyelmet. Az orvosi döntések hatékony támogatására ilyen módon nyílt lehetőségek.

A rendszer akkor működne megfelelően, ha minden pozitív vizsgálati eredménynél rámutatna az elváltozások helyére, viszont a negatív esetek közül a lehető legkevesebbet minősítene tévesen. Természetesen a számítógépes feldolgozás nem válthatja ki (sem a jelenlegi és közeljövőben elérhető számítási kapacitás, sem a felelősségvállalással kapcsolatos jogi kérdések tekintetében) a szakorvos munkáját és több évtizedes tapasztalatát, csupán javasolataival segítheti a diagnózis felállítását.

Egy majdani CAD-rendszer alapvető, döntéstámogatósi funkcióján túlmenően – keretszoftverként – biztosítja a hagyományos képfeldolgozási eljárásokat (pl. hisztogramkiegénylítés, élkeresés, kontraszt- és élességhangolás stb. [9]), valamint intelligens támogatást nyújthat a felvétel különböző részleteinek vizsgálatához (a csontrendszer, különösen a bordák árnyékának kivonása, a szív által fedett terület megjelenítése, az érrendszer kiemelése stb.). Ezen elképzelések bevezetésével párhuzamosan természetesen szükség lesz a területtel kapcsolatba kerülő orvosok és asszisztensek türelmére és nyitottságára is, hiszen az eddigi mindennapos munkamenetük teljesen megváltozik, a legjobb hatékonyságot a géppel együttműködve érhetik csak el.



1. ábra  
A szokásos tüdőkörvonal-meghatározásra vonatkozó eredményünk

## JELENLÉGI MÓDSZEREK

A mellkasröntgen-felvételek számítógéppel segített feldolgozásában a világon a fenti elképzeléseket közelítő CAD-rendszerrel ismereteink szerint egyedül a General Electric rendelkezik. Ez a rendszer képes a felvételek olyan manipulálására, mely a kóros elváltozások – akár szakorvos általi – felismerését is jelentősen megkönnyíti. Egy ilyen előkészítő feladat a képeken a bordaárnyékok „eltüntetése”, vagy legalábbis ezek takaró hatásának mérséklése.

Az általunk fejlesztett rendszer egyelőre kezdeti stádiumban van. A számítógépes elemzéshez szükség van bizonyos előfeldolgozási lépésekre, ami magában foglalja a vizsgálati mező (ROI – Region of Interest), azaz a tüdőfelek kijelölését, valamint a bordák körvonalának meghatározását. Ez utóbbi elengedhetetlenül fontos a bordarendszer árnyékának kivonásához. Természetesen a bordák képén túl más, az elemzést zavaró képződmények (pl. mellek, kulcsont) árnyékának kivonására is szükség lehet. Eddigi munkánk egyelőre az említett előfeldolgozásokra korlátozódik, így az alábbiakban az ezekkel kapcsolatos első eredményeinket ismertetjük.

A témakör irodalmában megtalálható módszerek főleg egyes részproblémákat oldanak meg [5], összetett feldolgozásra képes megoldásokról nincs tudomásunk.

Általában a bal tüdőfélből a szív által kitakart területet nem szokás a számítógépes feldolgozás szempontjából a tüdő részének tekinteni, ebben az esetben viszont az itt megtalálható daganatok felderíthetetlenek maradnak. Emiatt véljük úgy, hogy ezt a részt is a vizsgálat tárgyává kell tenni.

Szerencsére a rendelkezésre álló digitális képek jó minősége lehetővé teszi az említett tartománynak a tüdő egyéb részeivel hasonló minőségű feldolgozását. Ezek a felvételek már kifejezetten nagy felbontásúak (2000x2000 képpont), színmélységük 10 -14 bit (ez körülbelül az emberi szem által megkülönböztethető árnyalatok számának negyzete). Emellett a felvételeket készítő digitális röntgen-

készülékek sugárterhelése elmarad a korábbi analóg eszközöknél alkalmazott dózistól [2].

## A TÜDŐKÖRVONAL MEGHATÁROZÁSA

A tüdőkörvonal megkeresésére egy heurisztikus megközelítést alkalmazunk [1], mely két alapvető részre bontható. Az egyik a tüdőfelek hagyományos határainak megkeresését, míg a másik a bal tüdőfél szív által lefedett részével való kiegészítését végzi el.

A tüdők szokásos határainak megtalálása érdekében kihasználható a röntgenképeken a tüdőfelek körül megtalálható minimális intenzitású sáv, valamint az, hogy a tüdőterületek hozzávetőleges középpontjai a körvonalak ismerete nélkül is könnyen adódnak. A meghatározás során elsődlegesen nem a pontosságra törekszünk, mivel ez későbbi utófeldolgozásokkal hatékonyabban végezhető el. Megjegyezzük, a szakirodalomban más megközelítések jelennek meg (képpont-klaszterezés, alakmodellezés, neurális hálózatok), a leghatékonyabb megoldást mégis az első két eljáráscsalád hibrid alkalmazása adja [6].

Algoritmusunk ezen részével kapcsolatban a legnagyobb nehézséget a bal tüdőfél alatt a gyomorban esetlegesen jelen lévő levegőbuborékok jelentik. Ezek a szummációs felvételeken a tüdőhöz nagyon hasonló megjelenésűek, ezért az elkülönítésük nagyon hatékony algoritmust és anatómiai ismeretek felhasználását igényli (az eljárás részletesen megtalálható [1]-ben). Az algoritmus futásának eredményét az 1. ábra illusztrálja.

A bal tüdőfél szív által fedett részének határát egyrészt a rekeszív meghosszabbítása, valamint a mediastinumban megfigyelhető (közel függőleges irányú) a terület átlagintenzitásához viszonyított jelentős változás jelzi.

Az eddigi eredményeink javítására utófeldolgozást kell alkalmaznunk, melynek célja a körvonal hibáinak kiküszöbölése általános matematikai eljárásokkal. Külön kiemelő, hogy utófeldolgozás segítségével lokálisan megjelenő nagyobb hibák is kiszűrhetők. Lényeges az is, hogy az eljárás során nem használunk fel semmilyen alaki információt, így az eljárásba később bevitelre kerülő alakmodell további javulást eredményezhet.

A tüdőterület meghatározásának eredményét előzetesen 11 felvételen vizsgáltuk. Az 1. táblázatban felsoroljuk a kapott pontosság-, érzékenység-, specifikusság-értékeket a jobboldali, baloldali tüdőfelekre valamint összesítve, továbbá viszonyításként megadjuk az általunk végzett (emberi) besorolás eredményét is (a feladat nehézségét mutatja, hogy az emberi tüdőmeghatározás mennyire eltér a referenciaként használt, szintén általunk elvégzett beosztástól). A tesztelést valójában 24 felvételre végeztük, az eredményt csupán a képeknek azon (11 elemű) halmazára adjuk meg, amely intenzitás-jellemzői közel esnek a fejlesztés során figyelembe vett értékekhez. Más osztályokba sorolt képeken az eredmények lényegesen rosszabbak, így ezek feldolgozása előzetes transzformációt igényel. A művelet elvégzé-

sére már vannak bizonyos megoldásaink, de a pontos paraméterezést még nem dolgoztuk ki teljes mélységében.

## BORDÁK FELISMERÉSE

A tüdőrontgen-felvételeken a legjelentősebb struktúra a bordarendszer. A különféle eszközökkel és technológiákkal készített képeken ennek árnyéka különböző erősséggel jelenik meg, de minden esetben jelentősen befolyásolja a diagnosztikai célú feldolgozási algoritmusok hatékonyságát. Az általunk készített eljárás egyik célja, hogy a bordák határvonalait minél pontosabban megtalálja, illetve területüket precízen körülhatárolja. A másik célkitűzésünk, hogy az így felismert bordaterületeken a képpontok intenzitását úgy módosítsuk, hogy a bordák árnyéka lehetőség szerint minél inkább eltűnjön a képről úgy, hogy a mögöttük elhelyezkedő tartományokról ne veszítsünk információt.

A bordák felismerése és árnyékuk eltüntetése több szempontból is fontos előfeldolgozási lépés:

- A diagnosztikai eljárások feladata általában valamilyen speciális tulajdonságokkal rendelkező objektum – például csomó, folt, vagy vonal – azonosítása. A csontozat részben vagy teljesen takarhatja ezeket, eltérő intenzitással jelenhet meg az alakzatok árnyéka a bordák előtt



2. ábra  
Az algoritmus által meghatározott körvonal

Eset	Pontos-ság	Érzé-kenység	Specifi-kusság
jobb oldal (emberi minősítés)	94%	99%	91%
jobb oldal (algoritmus)	97%	92%	99%
bal oldal (emberi minősítés)	96%	99%	94%
bal oldal (algoritmus)	96%	91%	99%
összesen (emberi minősítés)	95%	99%	92%
összesen (algoritmus)	96%	92%	99%

1. táblázat  
A tüdőkörvonal-keresés első teszteredményei

és mögött, ami nagymértékben zavarhatja a felismerésüket végző algoritmus működését.

- Magukon a csontokon is előfordulhat kóros jelenség, például törés vagy valamilyen daganat. Ennek diagnosztizálásában segít, ha felismerjük a borda állapotát az aktuális képen, és össze tudjuk vetni az egészséges esetekkel.
- A bordák elhelyezkedése fontos támpont lehet a kóros elváltozások helyének meghatározásához. Ehhez nemcsak azt kell kideríteni, hogy hol vannak a képen a határvonalak, hanem azt is meg kell határozni, hogy egy adott vonal hányadik bordához tartozik.

A bordák határainak felismerésére egy modell alapú módszert alkalmazunk. Ennek lényege, hogy bizonyos számú felvételen a határokat kézzel bejelölve, az algoritmus felépíti a bordarendszer egy statisztikai modelljét [5]. Majd ezt az éppen vizsgálandó felvételre illeszti a kép méretének, arányainak figyelembe vételével úgy, hogy a bordaélekhez viszonyított elhelyezkedése minél pontosabb legyen [1].

A módszert 25 mellkasrontgen-felvételen teszteltük. Ezek közül 17 adott olyan eredményt, amely néhány képpont eltéréssel megadja a felosztást, további 4 pedig a bordák körülbelül felére ad elfogadható közelítést. Pontosabb eredmények eléréséhez szükség lesz az algoritmus finomítására lokális illesztő módszerekkel. A tanítókészlet növelése is javíthat az eljárás pontosságán, valamint különösen fontos az, hogy a tanítóképeken a bordahatárok kijelölése megfelelő szakértelemmel történjen, itt tehát sokat segíthet a szakorvosok részvétele a fejlesztésben.

A bordák árnyéka redukálható a fölöttük és alattuk lévő területek átlagos intenzitását figyelembe véve [1, 8]. Ezt illusztrálja a 3. és 4. ábra.

## TOVÁBBI TERVEK

Eddig elért eredményeink a mellkasrontgen-felvételek számítógépes elemzésének csupán első, messze nem leltisztult eredményei. A téma folytatása műszaki szemmel nézve komoly kihívást jelent, ezért a téma folytatását tervezzük. Ugyanakkor azt sem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy orvos-szakmai körökben vita folyik a mellkasrontgen-felvételek daganat-diagnosztikai értékéről. A megkezdett munka talán annak eldöntéséhez is adhat segítséget, hogy számítógépes feldolgozó eljárásokkal lehetséges-e és ha igen, milyen feltételek mellett lehet a diagnosztizáló orvos munkáját támogatni. E téren egyrészt bátorítást adhat, hogy a mellkasrontgen-képek számítógépes analízise témában komoly nemzetközi kutatómunka folyik, melynek vannak értékelhető eredményei, másrészt a korszerű digitális felvételek a hagyományos szűrővizsgálatoknál alkalmazott film-alapú felvételeknél sokkal nagyobb részletgazdagságot biztosítanak. A munka további alakulása azonban részben a műszaki lehetőségek, döntően pedig a megfelelő orvos-szakmai véleményének függvénye.



3. ábra  
Eredeti felvétel



4. ábra  
A felvétel a bordák árnyékának eltávolítására létrehozott kezdeti algoritmus futtatása után

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka elvégzésében nagy segítséget kaptunk az Innomed Medical Rt munkatársaitól, elsősorban Szalai Györgytől és Horváth Ákostól.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Bogatin György, Gados Dániel, Tatár Loránd: Tüdőröntgen-felvételek számítógépes elemzése (TDK dolgozat), Dr. Horváth Gábor (konzulens), Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2005.
- [2] The Biomedical Engineering Handbook, Joseph D. Bronzino (ed.), vol. I., CRC Press-Springer-IEEE Press, USA, 2000.
- [3] Cancer Facts & Figures 2005, American Cancer Society, Atlanta, 2004.
- [4] Fazekas György, Szerényi Gábor: Biológia, II. kötet, Scolar Kiadó, Budapest, 2002.
- [5] Bram van Ginneken: Computer-Aided Diagnosis in Chest Radiography (Ph.D. thesis), University Medical Center Utrecht, Wageningen, 2001.
- [6] Bram van Ginneken, Mikkel B. Stegmann, Marco Loog: Segmentation of anatomical structures in chest radiographs using supervised methods: a comparative study on a public database, Medical Image Analysis, 10. pp. 19-40. 2006.
- [7] Dr. Horváth Gábor, Dr. Dömötöri Zsuzsa, Dr. Kovács Gábor Csongor: Hazai mammográfiás CAD rendszer és az első tesztek tapasztalatai, IME Informatika és Menedzsment az Egészségügyben, IV. évf. 4. szám. 34-40. old. 2005. május.
- [8] M. Park, J. S. Jin, L. S. Wilson: Detection of Abnormal Texture in Chest X-rays with Reduction of Ribs, <http://crpit.com/confpapers/crpitv36park2.pdf>
- [9] M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle: Image Processing, Analysis and Machine Vision, Brooks-Cole, 1998.

## A SZERZŐK BEMUTATÁSA



**Bogatin György, Gados Dániel és Tatár Loránd Gergely** ötödéves informatikus hallgatók a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, 2006 júniusában végeznek. Diplomamunkájuk témája a tüdőrontgen-felvételek vizsgálata. A BME Villamosmérnöki és Informatikai Karának 2005-ben megrendezett Tudományos Diákköri Konferenciáján (TDK) dolgozatukkal második helyezést értek el. Bogatin György egyidejűleg a BME-SE-SZIE által közösen indított Egészségügyi Mérnökképzés másodéves hallgatója.

Dr. Horváth Gábor bemutatása lapunk IV. évfolyamának 4. számában olvasható.