

## Tüdődiagnosztikai CAD rendszer

Dr. Horváth Gábor, Orbán Gergely, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Horváth Ákos, Innomed Medical Zrt.

A korszerű mellkasröntgen készülékek a nagyfelbontású digitális képek alkotásával új lehetőségeket teremtenek a mellkas-diagnosztikai szűrővizsgálatok számára. A számítógépes képfeldolgozás alkalmazásával olyan döntéstámogató rendszerek hozhatók létre, melyek – segítséget adva a diagnosztizáló szakorvosnak – megnövelhetik a kóros esetek kiszűrésének esélyét. A cikk – egy tavalyi publikáció folytatásaként – a tüdődiagnosztikai CAD rendszerek fontosságát és egy hazai fejlesztésű tüdődiagnosztikai CAD rendszer felépítését, a rendszer jelenlegi állapotát foglalja össze.

*High resolution chest radiographs captured by recently developed digital X-ray machines give new possibilities for chest-diagnostic screenings. Applying computerized image processing such decision support systems can be constructed, which – giving help to pulmonologists and radiologists – may increase the sensitivity of detection of the lung diseases. The paper – continuing a last-year publication – shows the importance of CAD systems in chest screening, and presents the main role and the present status of the development of a Hungarian computer aided lung diagnostic system.*

### BEVEZETÉS

A tüdőbetegségek és ezen belül is a tüdőrák gyógyításának sikere jelentős mértékben múlik a kór mielőbbi felismerésén, diagnosztizálásán. A diagnosztizálás – lévén a tüdőrák kezdeti stádiumában nem okoz a betegnek észrevehető tüneteket – csak szűrővizsgálattal lehetséges. Bár a mellkasfelvételek alapján történő szűrővizsgálat, a „tüdőszűrés” szerepe a tüdőrák korai felismerésében komoly viták tárgya, jelenleg nincs más olyan szűrővizsgálati eljárás, mely legalább esélyt adna a tüdőrák-gyanús esetek korai diagnosztizálására.

A tüdőbetegek kiszűrésének jelenleg alkalmazott eljárása a népesség jelentős részére kiterjedő mellkasszűrővizsgálat. A mellkasröntgen-felvétel alapú szűrővizsgálatokat végző szűrőhálózat kiépítésekor a cél egyértelműen a TBC-s betegek kiszűrése volt, mára azonban a helyzet megváltozott: a TBC előfordulási gyakorisága jelentősen csökkent, de prevenció miatt az ország egyes régióiban maradt a kötelező, vagy az ajánlott célcsoportos szűrővizsgálat. Ez azt jelenti, hogy Magyarországon jelenleg még létezik tüdőszűrő hálózat: egy 2008-as adat szerint az országban 162 tüdőgondozó működik, emellett integráltan 135 stabil szűrőállomás és 48 mobil szűrőegység van [1].

A TBC visszaszorulása mellett egyéb tüdőbetegségek, mint például az emphysema és különösen a tüdőrák viszont

egyre gyakoribb. Magyarország e téren különösen „kitüntetett” helyzetben van. Nálunk a tüdőrák a férfiak körében nemcsak hogy vezető daganatos halálok, hanem a tüdőrák gyakoriságát tekintve Magyarország az American Cancer Society adatai szerint a férfiak körében évek óta a kétes dicsőségű első helyen áll. A helyzet sajnos a nők esetében sem sokkal jobb [2, 3].

A különböző daganatos megbetegedések és ezen belül is a tüdőrák túlélési esélyének növelése a betegség minél korábbi felismerését igényli. Ugyancsak az American Cancer Society adatai alapján [4] az 5 éves túlélés a tüdőrák tekintetében összességében csupán mintegy 15%. Ez az arány azonban 49% akkor, ha a betegség még lokalizált állapotban kerül felismerésre. A korai és különösen a lokalizált állapotban történő felismerés fontossága tehát vitathatatlan. Kérdés, hogy a mellkasröntgen-felvételeken alapuló szűrővizsgálatok hozzásegítenek-e a korai felismeréshez. E kérdés eldöntése természetesen kiterjedt vizsgálatok alapján lehetséges csak, és orvosszakmai körökre tartozik. Egyfelől hazai és nemzetközi vizsgálatok azt mutatják, hogy a szűrővizsgálat nem csökkenti a tüdőrákból eredő halálozást [5,6], másfelől ezek a vizsgálatok azt is mutatják, hogy mellkasröntgen-felvételeken alapuló szűrővizsgálattal ma a tüdőrákosok egyharmadát – többségüket még operálható állapotban – ki lehet emelni, így ezen szűrővizsgálati eljárás a tüdőrák korai felismerésében fontos szerepet tölthet be. A kérdés pontosabb megválaszolása érdekében az Egyesült Államokban 2002-ben kiterjedt vizsgálat indult (The National Lung Screening Trial, [4]). A vizsgálat arra irányul, hogy a standard mellkasröntgen-felvétel, illetve az alacsony dózisu spirál CT alapú szűrővizsgálatok segítenek-e a tüdőrák okozta halálozás jelentős csökkentésében azáltal, hogy a betegséget idejekorán felismerik. A vizsgálat még nem zárult le, az eredményeket 2010-re várják.

A röntgenfelvételeken alapuló szűrővizsgálatok eredményességét tehát két vizsgálati eljárásra terjesztették ki: egyfelől a standard mellkasröntgen-felvételek, a klasszikus „tüdőszűrés”, másfelől az alacsony dózisu CT a kiterjedt elemzés tárgya. Miközben egy ilyen elemzés elsődleges célja a potenciálisan szóbajövő szűrővizsgálatok hatékonyságának megállapítása, a majdani eredmények értelmezésénél néhány további szempont figyelembevételére is szükség lehet. A vizsgálati eljárás során a páciensek által „elszenvedett” sugárterhelés minél kisebb értéken tartása alapvető követelmény – és ez még az alacsony dózisu CT-k esetében is nagyobb, mint a korszerű digitális mellkasröntgen gépeknél –, továbbá a vizsgálati eljárás költsége és magának a készüléknek az ára sem közömbös. Ez utóbbi különösen nagy súllyal eshet a latba a magyar egészségügy jelenlegi helyzetében.

A cikk – lévén a szerzők mérnökök, akik tüdődiagnosztikai CAD rendszer kifejlesztésén dolgoznak – a kérdéshez műszaki nézőpontból kíván hozzászólni: egy több éve a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mérés-technika és Információs rendszerek Tanszékén az Innemed Medical Zrt.-vel és a Semmelweis Egyetem Pulmonológiai Klinikájával közösen végzett kutató-fejlesztő munka jelenlegi állapotáról számol be röviden. Minthogy a témáról már e lap hasábjain is adtunk összefoglalót, jelen cikkünk egy talyai cikk [7] folytatásának is tekinthető.

## A CAD RENDSZEREK SZEREPE A KÉPALKOTÁSON ALAPULÓ DIAGNOSZTIKAI ELJÁRÁSOKNÁL

A képalkotáson alapuló diagnosztikai eljárások az elmúlt évtizedekben, de különösen az utóbbi 10 évben rohamos fejlődésen mentek keresztül. A klasszikus kétdimenziós (2D) röntgenfelvételeken túl megjelentek a 3D képalkotásra képes eljárások, mint a számítógépes tomográf (CT), a mágneses rezonancián alapuló MRI és a pozitron-emissziós technológiát is hasznosító PET-CT, illetve az ún. 4D ultrahang (UH). A közelmúltban olyan új vizsgálati eljárásokat is kifejlesztettek, ahol hasonlóan a CT-hez a vizsgált testrésztől egy vizsgálat során közvetlenül egymás után több, akár tíznél is több kép készül (pl. tomoszintézis), vagy egyidejűleg készül több kép (duál energiás röntgen és CT rendszerek). Ezeknek a vizsgálati eljárásoknak ugyancsak az a célja, hogy a vizsgált testrésztől minél részletesebb képet szolgáltatassanak, miközben egyes, az adott vizsgálat szempontjából zavaró anatómiai részeknek – az ún. anatómiai zajnak – a kép kiértékelését zavaró hatását mérsékeljék vagy kiküszöböljék.

Ezzel egyidejűleg nőtt a képek térbeli és szürkeárnyalati (esetleg színbeli) felbontása, a képek egyre részletgazdagabbak lettek. Az új eljárások közvetlenül digitális képi reprezentációt szolgáltatnak, biztosítva ezzel a digitális jel(kép)-feldolgozás alkalmazásának lehetőségét és előnyeit. A digitális feldolgozás – az időközben a számítástechnikában szintén bekövetkezett elképesztő fejlődés következtében – olyan lehetőségeket teremtett, melyek e nélkül a fejlődés nélkül elképzelhetetlenek lettek volna. A képalkotáson alapuló diagnosztikai eljárások és rendszerek olyan ütemben fejlődnek, hogy az egyre újabb és újabb generációk sora szinte már követhetetlen.

Ezen új eszközök alkalmazása azonban – különösen szűrési célra – akadályokba ütközik. Ezen akadályok elsősorban finansiális természetűek, hiszen egy korszerű, képalkotáson alapuló diagnosztikai rendszer sok tíz-, esetleg több százmillió forintba kerül, de egyéb akadályok is jelentkeznek. Egyes vizsgálati eljárásoknál a páciensre érő sugárterhelés túl nagy ahhoz, hogy szűrési célra alkalmazhatók legyenek, továbbá a sokféle vizsgálati eljárás által szolgáltatott nagymennyiségű kép szakorvosok általi kiértékelése is nehézségekbe ütközik. A kiértékelés nagy figyelmet és nagy szakértelmet kíván, ugyanakkor nagyon fárasztó munka.

A digitális reprezentáció és a rendelkezésre álló nagykapacitású számítógépek a lehetőségét, a szűrővizs-

gálatokból származó nagytömegű kép elemzésének igénye pedig azt az igényt teremti meg, hogy a képek elemzésében a diagnosztizáló orvos segítséget kapjon. A számítógéppel támogatott diagnosztika vagy detektálás (Computer Aided Diagnostics or Detection, CAD) célja, hogy számítógépes képelemző és felismerő eljárások alkalmazásával minősítse a képeket, a képeken olyan területeket találjon és jelöljön meg, melyek kóros elváltozásra utalnak. A CAD rendszerek eredményét azonban nem önmagukban, közvetlenül használják fel, hanem csupán a szakorvosi kiértékelés segítőjeként, elsősorban ún. második kiértékelőként (second eye, second reading). A CAD rendszereket ma legelterjedtebben az emlőszűréseknél, a mammográfiás vizsgálatoknál alkalmazzák. E téren már lassan 10 évre visszanyúló tapasztalatok állnak rendelkezésre, míg más szűrővizsgálatoknál a CAD rendszerek alkalmazása még nagyon kezdeti állapotban van. Az eddigi nagyobb pácienskörre kiterjedő részletesebb vizsgálatok egyértelműen bizonyították a CAD rendszerek létjogosultságát. Összehasonlító elemzések eredménye szerint a képeken alapuló diagnosztizálás eredményessége egyértelműen jobb, ha egy szakorvos mellett a második kiértékelő egy CAD rendszer. A kombinált kiértékelés jobb eredményt adott, ha egy orvos értékelésével vetették össze az eredményeket, de akkor is, ha két orvos minősítette a képeket [8,9]. A CAD rendszerek haszna tehát egyértelmű, ezen rendszerek fejlődése és térhódítása várhatóan folytatódni fog. A közelmúltban Münchenben megtartott World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering világkongresszuson a CAD rendszerek fejlesztésében és alkalmazásában a világ élvonalába tartozó Kurt Rossmann laboratórium (Kurt Rossmann Laboratories for Radiologic Image Research, Department of Radiology, The University of Chicago, USA) vezetője, Kunio Doi professzor szerint a 21. század a CAD százada lesz [10].

## HAZAI FEJLESZTÉSŰ TÜDŐDIAGNOSZTIKAI CAD RENDSZER

A CAD rendszerek feladata nagyon összetett, hiszen olyan alakzatok megtalálását, felismerését kell megoldaniuk, melyek nagyon változatos képet mutatnak, egzakt módon nem írhatók le, ráadásul mindezt olyan képeken kell megtalálniuk, melyek önmagukban is nagyon változatosak és melyek elemzése még egy nagy gyakorlattal rendelkező szakorvos (radiológus vagy pulmonológus) számára is nehézséget jelenthet.

A rendszer legfontosabb feladata a kóros elváltozások, illetve az ilyen elváltozásokra utaló gyanús területek megtalálása; a tüdőterületen belül foltok keresése és minősítése. A feladat elvégzéséhez számos részfeladatot kell megoldani. Meg kell találnunk és körbe kell határolnunk az elemzés tárgyát képező tüdőterületet, a vizsgálati területet a képen lévő zajoktól meg kell tisztítanunk, a képet szűrünk kell. A szűrés célja egyrészt a képeknek a képen esetlegesen található, a felvételi technikából adódó zajtól való megtisztítása, másrészt az ún. anatómiai zaj eltüntetése.

A kóros elváltozások számítógépes detektálását nagymértékben nehezíti a képeken a szummációs felvételtől adódó olyan árnyékok jelenléte, melyek az algoritmikus megoldást, a gépi felismerést félrevezethetik. Ilyen árnyékok képeznek a csontok (kulcsocsont és a bordák), de ugyancsak nehezíti, vagy egyenesen gátolja a diagnosztikai célú foltdetektálást (nodule detection) a szív árnyéka. Ez utóbbi miatt a teljes tüdőterület számítógépes elemzése valójában nem is lehetséges.

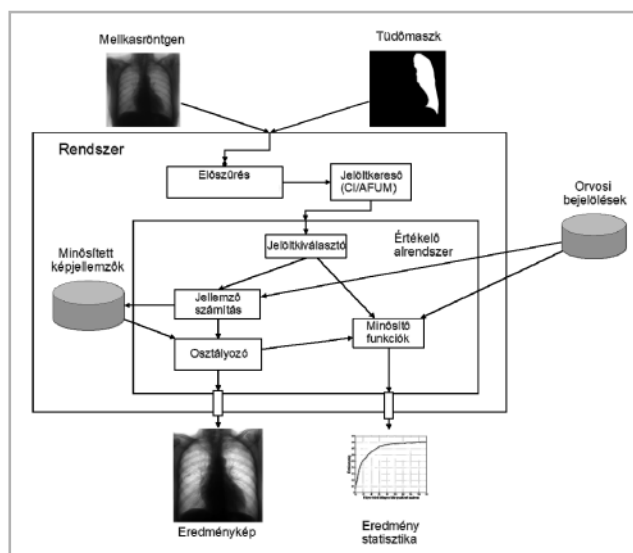
A csontok és a szív árnyéka tehát anatómiai zajnak tekinthető, melyet a további feldolgozás sikere érdekében „el kell tüntetni” a képről. A csontok árnyékának eltüntetésére kiváló eljárás, a duál energiás technika áll rendelkezésre, azonban a szűrőcentrumokban ilyen eszközökre – legalábbis a közeljövőben Magyarországon – biztosan nem számíthatunk. Ráadásul a duál energiás technika a szív árnyékának kompenzálására nem alkalmas. Ezért, igazodva a hazai digitális mellkasröntgen-felvételek készítésére alkalmas eszközök lehetőségeihez, az anatómiai zaj szűrését képfeldolgozó eljárások kidolgozásával oldottuk meg. Az így zajtalanított, előszűrt képeken már nagyobb eséllyel találjuk meg azokat a területeket, melyeknél a kóros elváltozás gyanúja felmerül.

A jelöltkeresés olyan összetett képszűrő eljárásokkal történik, ahol adott mérethatárok (általában 5-15 mm) közötti kerek vagy közel kerek árnyékokat keresünk. Az így megjelölt képterületek azonban még nem feltétlenül jelentik azt, hogy kóros elváltozást találtunk. A képterületekről egy sor jellemző értéket kell kiszámítanunk, és az így meghatározott több tíz, esetleg száznál is több jellemző alapján el kell döntenünk, hogy a kijelölt területet végül is valóban gyanúsnak minősítsük-e.

Az elsődleges foltkeresést (jelöltkeresés) tehát számos jellemző paraméter számítása követi, majd egy osztályozási feladat következik, melynek eredményeképp már megjelölhetünk egyes képterületeket, mint kóros elváltozásra gyanúsakat. Az osztályozás eredménye egyben a gyanú erősségét is jelezheti. A teljes feldolgozási folyamatot az 1. ábra mutatja. Az osztályozásnál fontos, hogy minél több orvosi ismeretet is beépítsünk. Az osztályozó kialakítása ezért kellő számú szakorvos által minősített (kóros és egészséges esetekről készült) kép felhasználásával történik.

Bár a CAD rendszerek belátható időn belül önmagukban diagnosztikai feladatot nem fognak ellátni, csupán segítik a diagnosztizáló orvos munkáját, e rendszerek tüdőszűrő centrumokban történő napi használata csak akkor lehetséges, ha a rendszerek kiterjedt orvosi minősítése már megtörtént. A hazai fejlesztésű tüdődiagnosztikai CAD rendszer az Innomed Medical Zrt. mellkasröntgen berendezéséhez, az ugyancsak az Innomed által kifejlesztett PACS képmegjelenítő és archiváló rendszer integráns részeként kapcsolódik. Jelenleg, miközben a rendszer továbbfejlesztése is folyik, egy kísérleti konfiguráció a Semmelweis Egyetem Pulmonológiai Klinikáján már tesztelés alatt áll.

Az „éles” orvosi minősítés mellett fontos az eredmények olyan minősítése is, mely lehetőséget ad más, hasonló célú rendszerek eredményével való összevetésre. Az ilyen minősítést is szolgálják azok a nemzetközi adatbázisok, melyek kellően változatos, kóros és egészséges esetekre szolgáltató



1. ábra  
A tüdődiagnosztikai CAD rendszer funkcionális felépítése

nak garantált diagnózissal rendelkező képeket. Mellkas-képek esetében ilyen adatbázis a Japán Radiológiai Társaság (Japanese Society of Radiological Technology, JSRT) tüdő-röntgen-kép adatbázisa [11], melyen végzett minősítés eredménye szerint az általunk kifejlesztett CAD rendszer jelenlegi állapotában 65%-os érzékenységet biztosít képenként 4 téves pozitív bejelölés mellett. Miközben ez az eredmény nemzetközi összehasonlításban is jó (ld. pl. [12]), messzemenő következtetéseket ebből még nem vonhatunk le. Ennek oka egyrészt, hogy a japán adatbázis csak mintegy 250 képet tartalmaz, másrészt a hasonló más rendszerekre vonatkozó hozzáférhető eredményű vizsgálatokat nem ezen a képi adatbázison végezték.

## ÖSSZEFOGLALÁS, TOVÁBBI TERVEK

A cikk a képfeldolgozáson alapuló orvosi diagnosztikai eljárásokhoz kapcsolódó számítógépes diagnosztikai rendszerek fontosságát, szerepét foglalta össze, és röviden bemutatja egy hazai fejlesztésű mellkas-diagnosztikai CAD jelenlegi állapotát. A cikk arra is fel kívánta hívni a figyelmet, hogy a korszerű nagyfelbontású digitális röntgenkészülékek – felhívva számítógépes képelemző és elváltozás-detektáló képességekkel – jelentősen javíthatják a nehezen felismerhető betegségek – így a tüdőrák és más tüdőbetegségek – korai felismerésének esélyét. A jobb képminőség és a komplex kiértékelés adta lehetőségek indokolhatják a klasszikus tüdőszűrő centrumok szerepének újraértékelését, és olyan új szerep kialakítását, ahol a cél elsődlegesen már nem a TBC-s, hanem sokkal inkább a rákos esetek felderítése.

A rendszer kifejlesztése jelenleg még korántsem tekinthető lezártnak. Miközben az első éles tesztek elindultak, a fejlesztés folyik tovább: egyrészt cél a szenzitivitás növelése, másrészt a téves pozitív találatok számának csökkentése. Ugyancsak a közeljövőben várható, hogy a képek időbeli követése is lehetővé váljon. Ebben az esetben, ha egy páciens-

ről rendelkezésre áll korábbi archivált felvétel, vagy felvételek, akkor a számítógépes rendszer a friss képeket össze is veti a korábbiakkal, lehetővé téve így az időközben bekövetkezett változások nagyobb pontosságú felderítését.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A rendszer fejlesztése a Semmelweis Egyetem Pulmonológiai Klinika szakmai támogatásával, az Innomed Medical Zrt.-vel közösen egy GVOP projekt keretében folyik. A fejlesztésben a szerzőkön kívül mind az Innomed Zrt.,

mind a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszékének (BME MIT) több munkatársa és hallgatója vesz részt. Minden közreműködő megemlékezésére nincs lehetőség, de a rendszer fejlesztésében legfontosabb szerepet betöltő kollégákat meg kell említsük: Horváth Áron, Máday Péter, Molnár Andrea, Nikházy László és Orbán Gergely a BME MIT részéről, és Kelemen Attila, Nagy János, Szilák Károly és Wolf Péter az Innomed Medical Zrt. részéről. Külön köszönet illeti Dr. Müller Veronikát, az SE Pulmonológiai Klinika igazgatóhelyettesét, aki a munka során igen hasznos tanácsokkal szolgál.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Dr. Kovács Gábor, Dr. Strausz János: Tüdőgondozók, szakrendelések, ambulanciák: merre tovább tüdőgyógyászati járóbeteg szakellátás? IME – Az egészségügyi vezetők szaklapja, VII. Képzőkönyv diagnosztikai különszám 2008. október, pp. 30-33.
- [2] Cancer Facts & Figures 2004, American Cancer Society
- [3] Cancer Facts & Figures 2006, American Cancer Society
- [4] Cancer Facts & Figures 2008, American Cancer Society
- [5] Döbrössy L., Kovács A. Budai A, Cornides Á: Szűrővizsgálatok a tüdőrák korai felismerésére: a klinikai és a népegészségügyi nézőpontok ütközése, Orvosi Hetilap; Vol. 148. No. 34. pp.1587-1590. 2007.
- [6] Dr. Kovács Gábor, Dr. Strausz János: Lakosságszűrés helyett rizikócsoporthoz tartozó mellkasi röntgenvizsgálat, IME Vol. VII. No. 5. 2008. pp. 38-42.
- [7] Horváth Gábor, Juhász Sándor, Simkó Gábor: CAD-rendszerek a tüdőszűrés hatékonyságának javítására, IME – Az egészségügyi vezetők szaklapja, VII. Képzőkönyv diagnosztikai különszám 2008. október, pp. 38-43.
- [8] Timothy W. Freer, Michael J. Ulissey: Screening Mammography with Computer-aided Detection: Prospective Study of 12,860 Patients in a Community Breast Center, Radiology 2001; Vol. 220: pp. 781-786.
- [9] Shuji Sakai, Hidetake Yabuuchi, Yoshio Matsuo, Takashi Okafuji, Takeshi Kamitani, Hiroshi Honda, Keiji Yamamoto, Keiichi Fujiwara, Naoki Sugiyama and Kunio Doi: Integration of Temporal Subtraction and Nodule Detection System for Digital Chest Radiographs into Picture Archiving and Communication System (PACS): Four-year Experience, Journal of Digital Imaging 2008; Vol. 21. No. 1. pp. 91-98.
- [10] Kunio, Doi: Computer-Aided Diagnosis in Medical Imaging: Achievements and Challenges, Keynote lecture, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, WC2009, Munich, Germany.
- [11] Japanese Society of Radiological Technology: Digital Image Database.  
[http://www.jsrt.or.jp/web\\_data/english03.php](http://www.jsrt.or.jp/web_data/english03.php)
- [12] T. A. Bley, T. Baumann, U. Saueressig, G. Pache, M. Treier, O. Schaefer, U. Neitzel, M. Langer, E. Kotter: Comparison of Radiologist and CAD Performance in the Detection of CT-confirmed Subtle Pulmonary Nodules on Digital Chest Radiographs, Investigative Radiology, Vol. 43, No. 6. June, 2008. pp. 343-348.

## A SZERZŐK BEMUTATÁSA



**Dr. Horváth Gábor** docens a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. 1970-ben szerezte diplomáját a Műszaki Egyetemen, majd 1987-ben a műszaki tudományok kandidátusa lett. Tagja több tudományos társaságnak, többek között az IEEE-nek (Institute of Electrical and Electronics Engineers), a Méréstechnikai Automatizálási és Informatikai Tudományos Egyesületnek és a Neumann János Számítógép-tudományi Társaságnak. Kutatási területe a digitális jelfeldolgozás, neurális hálózatok, és hibrid intelligens rendszerek.



**Orbán Gergely** a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME) végzett 2009-ben műszaki informatika szakon. Jelenleg PhD képzésben vesz részt a BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszékén. Diplomatervének témája és jelenlegi kutatási területe is mellkasröntgenfelvételek automatizált elemzésére irányul. A feladathoz kapcsolódóan leginkább a képfeldolgozás és a gépi tanulás területeivel foglalkozik.

**Horváth Ákos** bemutatása a [www.imeonline.hu](http://www.imeonline.hu) oldalon olvasható.



**Horváth Ákos** 1998-ban szerzett villamosmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Telekommunikációs hálózatok hibatűrő konfigurációjával foglalkozott, majd a Matáv PKI Távközlésfejlesztési Intézetében dolgozott 2002-ig. 2002-ben bekapcsolódott a BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tan-

székén folyó mammográfiás röntgenfelvételek elemzésébe, ahol a mikrokalcifikációk detektálására alkalmas algoritmusok kifejlesztésében vett részt. 2004 tavaszától az Innomed Medical Zrt. munkatársa, ahol a Röntgenfejlesztés részlegen mellkasröntgen felvételek képfeldolgozásával és PACS rendszerek fejlesztésével foglalkozik.