

Mammográfiás CAD-rendszerek, eredmények és új lehetőségek

Dr. Horváth Gábor, Altrichter Márta
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Az elmúlt mintegy tíz év a mammográfiás szűrővizsgálatokban jelentős változásokat hozott. Megjelentek a közvetlen digitális mammográfiás rendszerek, a képek számítógépes kiértékelését és a kóros elváltozásokra utaló jelek felismerését, detektálását végző mammográfiás CAD- (computer aided detection) rendszerek is. Már a digitális mammográfiás rendszerek is élénk vitát váltottak ki, a CAD-rendszerekkel végzett első, nagyobb méretű populációra kiterjedő vizsgálatok pedig nagyon ellentmondásos eredményekre vezettek. A CAD-rendszerek javították a valódi pozitív találati arányt, miközben növelték a téves pozitív találatok és a felesleges további vizsgálatok (biopszia stb.) számát is. Az ellentmondásos eredményeknek számos, részben eltérő interpretációja jelent meg. Egyes szakmai körök még a CAD-rendszerek hasznát is megkérdőjelezték. A CAD-rendszerekkel kapcsolatos kritikákra azonban nem az a helyes válasz, ha ezeket a rendszereket nem használjuk, hanem ha megfelelő módon használjuk, miközben folytatjuk a kutató-fejlesztő munkát a jobb találati arány és a kevesebb visszahívás elérése érdekében. Ehhez meg kell találni a CAD-ek valódi szerepét: a CAD-ek nem helyettesítik, hanem csupán segítik a diagnosztizáló radiológus munkáját. A jelenlegi CAD-rendszerek eredményét kritikával kell fogadni, azonban a megfelelően értelmezett eredmények felhasználásával szignifikánsan növelhető a korai fázisban felismert mellrákos esetek száma. A CAD-rendszerek ezért egyértelműen életet mentenek. Képességeik javítása, újabb vizsgálati eljárások kidolgozása azonban elsődleges fontosságú. A CAD-eknek sokkal inkább jövője, mint múltja és jelene van.

Screening mammography is the only efficient way for early recognizing breast cancer. The mammography screen tests in Hungary require the production of approx. 4 million pictures annually; therefore it is difficult to provide the human resources necessary for the assessment of this volume. To help radiologists in Hungary and all over of the world computer aided detection (CAD) systems have been developed. The main goal of CAD systems is to find some suspicious areas in the mammographic images and to attract the attention of radiologists to these areas. In the last almost ten years several CAD systems have been developed and introduced into screening mammography. The first experiences are rather controversial: while there is a definite improvement in finding cancerous cases, the relatively high number of false positive detections increased,

leading to the unnecessary recall, further examinations and treatment for the patients. The paper overviews some new possibilities to reduce the high false positive rate and to increase the sensitivity of the CAD-supported mammography screening.

BEVEZETÉS

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mérés-technika és Információs Rendszerek Tanszékén együttműködve a Semmelweis Egyetem Radiológiai és Onkoterápiás Klinikájával évek óta folyik egy mammográfiás CAD-rendszer kifejlesztése. A munka céljairól, előrehaladásáról két esetben már e lap hasábjain is beszámoltunk [1, 2]. Jelen cikkünk célja, hogy bemutassa az elmúlt néhány évben a mammográfiás CAD-rendszerek területén elért új eredményeket, összefoglalja az ilyen rendszerek alkalmazásánál felmerülő kérdéseket és kételyeket, továbbá bemutassa a CAD-rendszerek találati arányának javítását szolgáló újabb megközelítéseket.

Ismeretes, hogy a daganatos megbetegedések között kiemelt helyet foglal el az emlőrák. A nők rosszindulatú daganatainak 28-32%-át az emlő rosszindulatú daganatai teszik ki. Elemzések szerint a nők megbetegedés miatt elvesztett éveit számítva az emlődaganatok következményeit csak a közlekedési balesetek és a fertőzőes megbetegedések okozta életév-vesztés múlja felül. Az emlődaganatok okozta halálozás csökkentésének jelenleg a leghatékonyabb eszköze a korai felismerés, melyet a rendszerezett szűrővizsgálatok hivatottak szolgálni. A szakmai szempontok figyelembevételével az 50-65 év közötti korosztály két évente történő mammográfiás vizsgálatától várható a legjobb szűrési eredmény. Randomizált, kontrollált vizsgálatok bizonyították, hogy a szűréssel elérhető mortalitáscsökkentés a 30%-ot is megközelítheti.

Magyarországon az 50-65 éves korosztályba mintegy 1 millió nő tartozik, akiknek két évente mammográfiás szűrésen kellene megjeleníteniük. Hazai és nemzetközi adatok szerint a szűrővizsgálatok során a kiemelés kb. 6%-os, melynek további második vizsgálata során az álpozitív esetek 80-93%-os gyakoriságúak.

Ezek az adatok, továbbá kiterjedt nemzetközi vizsgálatok azt mutatják, hogy a mammográfiás standard szűrővizsgálat eredményei az optimálistól jelenleg még messze elmaradnak. Ennek fő oka, hogy a mammográfiás felvételek kiértékelése nehéz feladat. A feladat nehézsége elsősorban abból adódik, hogy a mammográfiás felvételek és a kóros el-

változásra utaló jelek nagyon változatosak; a tumorra utaló jelek egyes esetekben nagyon könnyen felismerhetők, más-kor viszont még gyakorlott radiológusszem számára is alig észrevehetőek. Különösen nehéz az ún. denz (mirigydús) emlőkről készült képek diagnosztizálása, mivel itt a sűrűbb emlőszövet árnyéka elfedi azokat az elváltozásokat – elsősorban az ún. mikromeszesedéseket – melyek kóros elváltozásra utalnak. Egy 27 825 páciensre kiterjedő vizsgálat [3] eredményei azt mutatták, hogy a mammográfiás felvételek alapján történő humán diagnózis pontossága nagymértékben függ a mammográfiás felvételek és így az emlő típusától. Míg az ún. zsírelmőkről készült felvételeknél a rákra utaló jelek mindössze 2%-a marad rejtve, a közepesen denz emlőkről készült felvételeknél ez a szám már mintegy 35%, a nagyon denz eseteknél pedig már eléri, sőt kismértékben meg is haladja az 50%-ot.

A minősítés nehézsége a feladat monotonitásából is adódik. Miközben örvendetes tény, hogy a tumoryanus esetek száma csak töredéke az összes vizsgált esetnek – ami azt jelenti, hogy a radiológus a képek elemzése során döntően negatív képeket minősít és csak viszonylag ritkán talál pozitív gyanús eseteket – ez a figyelem lankadásához is vezethet. Ugyancsak a figyelem lankadását eredményezi, ha sok kép minősítésére van szükség. A szem kifáradása pont a nehezen felismerhető eseteknél eredményezhet téves diagnózist. (Többek között ezeknek a hibáknak a kivédésére vezették be a kettős leletezés rendszerét, ahol két független szakorvosnak is véleményt kell alkotni a képről.)

Az emlőrákra utaló jelek korai detektálását segíthetik a számítógépes döntéstámogató vagy diagnosztizáló rendszerek, a CAD- (computer aided detection vagy computer aided diagnostic) rendszerek.

CAD-RENDSZEREK A MAMMOGRÁFIÁBAN

A mammográfiás képek elemzése, az emlőkről készült röntgenképeken elváltozásra utaló jelek keresése egy rosszul definiált feladat. Olyan egzakt definíciót (definíciókat) adni, ami az egyes típusos elváltozásokat egyértelműen leírja (leírják), nem lehet. A humán mammográfiás diagnosztikában is kiemelkedő szerepe van a tapasztalatnak. Orvosi vélemény szerint egy jó radiológus már több tízezer kép elemzésén van túl. A tudás, a tapasztalat a humán diagnosztika alapja.

A számítógépes képelemzés természetesen a humán képelemzéstől teljesen eltérő utak lehetőségét is kínálja. A képfeldolgozó eljárásoknak igen széles tárháza áll rendelkezésre, melyek akár a teljes mammográfiás felvételek ún. globális feldolgozását, akár egyes képrészletek különböző megközelítésű ún. lokális elemzését teszik lehetővé. A feladat rosszul definiáltsága miatt önmagában egyik megközelítés sem bizonyult sikeresnek. Sőt azok a megközelítések sem, melyek a humán képelemzés – egyébként nehezen megfogalmazható – lépéseitől jelentős mértékben eltérnek. A számítógépes feldolgozásnak az eddigi tapasztalatok,

eredmények alapján sok szempontból követnie kell a radiológus szakember elemzési megközelítését, tehát együttesen kell alkalmaznia globális és lokális elemzést, és jelentős szerepet kell kapjon az ún. tudásalapú megközelítés. A tudásalapú megközelítés azt jelenti, hogy nemcsak bizonyos jól meghatározható jellemzőkkel rendelkező képrészleteket kell egy számítógépes rendszernek megtalálnia, hanem olyan képrészleteket is, amelyekre ilyen jellemzők nem fogalmazhatók meg, a szakorvos mégis kóros elváltozásra utaló képrészletnek minősíti. A CAD-rendszerek ezért a képfeldolgozó eljárásokon kívül összetett szabály alapú megközelítést és minták alapján történő tanuló eljárások, neurális hálók alkalmazását is igénylik.

A számítógépes képfeldolgozó és döntéstámogató rendszerek általában nagy számítási kapacitást igényelnek, és ez a mammográfiás rendszereknél sincs másképp. Ennek oka, hogy a mammográfiás felvételek nagyfelbontású (25-70 $\mu\text{m}/\text{pixel}$), viszonylag nagyméretű (4-5000-6-8000 pixel) képek. A felvételek azonnali – valós idejű – elemzése a mammográfiás CAD-rendszereknél ugyan általában nem követelmény, a képek minősítése a szűrővizsgálatoknál jelentkező nagyszámú felvétel elemzése miatt mégsem léphet át bizonyos ésszerű korlátokat, ami jelen esetben néhány-szor tíz másodperc, esetleg perc nagyságrendbe esik. A valós idejű elemzés a hagyományos filmalapú technikáknál nem is oldható meg (a filmeket elő kell hívni), a közvetlen digitális készülékeknél azonban már igény lehet. A hagyományos filmalapú mammográfiás felvételek számítógépes feldolgozását tovább nehezíti az analóg képek digitalizálásának szükségessége.

Az elmúlt években még mammográfiás szakemberek, radiológusok között is kérdéses volt a közvetlen digitális mammográfiás készülékek (full-field digital mammography, FFDM) elfogadottsága. A viták mára, úgy tűnik, elültek: a digitális rendszerek nemcsak hogy elfogadottak lettek, hanem egyértelmű előnyeiket már a korábban szkeptikusok is elismerik. Nemcsak a jobb képminőség, hanem a digitális képfeldolgozás, képmanipulálás adta előnyök is egyértelműen a digitális rendszerek mellett szólnak. A jobb képminőség elsősorban a kisméretű elváltozások, mikromeszesedések detektálásánál jelent komoly előnyt. Kiterjedt vizsgálatok [4] eredményei azt mutatják, hogy a páciens-visszahívási arány szignifikánsan nagyobb a közvetlen digitális mammográfiás szűrővizsgálatoknál, mint a filmalapú esetben. A nagyobb visszahívási arány azt jelenti, hogy több gyanús eset kerül kiszűrésre, ugyanakkor azt is, hogy a felesleges visszahívások száma is nő. Erre a későbbiekben még kitérünk.

A digitális szűrőrendszerek elterjedésének – különösen Magyarországon – a fő akadálya a készülékeknek még a CAD-funkciók nélkül is magas ára. Nem véletlen, hogy Magyarországon csak kevés ilyen készülék van, és ismereteink szerint ezek egyike sem rendelkezik CAD-funkciókkal. Ezen – elsősorban finansziális – nehézségek ellenére a röntgenfelvétel-alapú mammográfiás szűrőrendszereknél a közvetlen digitális készülékek egyre nagyobb elterjedése várható.

A digitális készülékek komoly előnye, hogy a CAD-funk-

ciókkal való kibővítés természetes módon adódik. A világon eddig létrehozott mammográfiai CAD-rendszerek jó része is FFDM-készülékhez csatlakozik (pl. GE Senograph, R2 stb.), bár van néhány olyan cég is, amely a hagyományos filmalapú felvételek számítógépes elemzésére fejlesztett ki CAD-rendszert [5].

A digitális készülékek terjedésével a CAD-rendszerek is terjednek, mára egyre több cég fejlesztett ki mammográfiai CAD-rendszert, és a CAD-funkciókkal kibővített mammográfiai készülékek szűrővizsgálatokra történő alkalmazásánál egyre több tapasztalat gyűlt össze.

A CAD-rendszerek a mammográfiai vizsgálatok során készített 4 felvétel (mindkét emlőről egy felülnézeti (cranio caudal, CC) és egy ferde oldalnézeti (mediolateral oblique, MLO) felvétel) készült. A CAD-rendszerek ezeket a képeket elemzik és típusos elváltozásokat keresnek. A legfontosabb megtalálendő elváltozások a mikromeszesedés-klaszterek, melyek kisméretű – a néhány pixelnyi mérettől a néhány centiméterig – a néhány pixelnyi méretig terjedő –, szabálytalan alakú, általában csoportosan megjelenő világos területek, valamint a jóval nagyobb méretű, a környezetüktől eltérő textúrájú, a környezetnél általában világosabb lágyszárnyék [6], melyek határvonalaival sokszor a folt közepe felé mutató vékony világosabb szálak, szpikuluszok is találhatóak. A CAD-rendszerek feladata az ilyen típusos elváltozást mutató képrészletek megjelölése. A jelenlegi CAD-rendszerek nem tűzik ki célul ezen képrészletek minősítését, tehát a kép diagnosztizálását, feladatuk mindössze a gyanús területek detektálása, megjelölése. A diagnózis megállapítása mindenképpen szakorvosi feladat.

A szokásos szűrővizsgálatok során a képek minősítése két független szakorvosi vélemény alapján történik. A CAD-rendszerek leggyakoribb alkalmazása a második szakorvosi kiértékelés kiváltása (ún. second eye funkció), a CAD-rendszerek tehát csak részben helyettesítik a radiológus szakembert, a páciens esetleges kiemelése, további vizsgálatokra való visszahívása minden esetben szakorvosi feladat. A CAD-rendszerek amellett, hogy csökkentik a szakorvosi munkaigényt, a kifáradásmentes működésük miatt olyan eseteket is jelezhetnek, melyek egy szakorvos figyelmét elkerülik. A CAD-rendszerek szerepe különösen olyan esetekben – pl. denz emlők – lehet fontos, ahol a szakorvosi találati arány kicsi.

A CAD-EK ALKALMAZÁSÁNAK NÉHÁNY ELLENTMONDÁSOS TAPASZTALATA

A mammográfiai CAD-technológia és az első CAD-rendszerek FDA jóváhagyása 1998-ban történt meg. Az azóta eltelt csaknem tíz év alatt számos CAD-rendszert fejlesztettek ki. Ezek között a leginkább ismert az R2 Technology által kifejlesztett ImageChecker [7] vagy az iCAD SecondLook rendszere [8], de számos további mammográfiai CAD-rendszer is létezik pl. [9]. A közel tíz év nemcsak a CAD-rendszerek számának növekedését eredményezte, hanem a CAD-

rendszerek szűrővizsgálati alkalmazásáról is hasznos tapasztalatokkal szolgált. Ez különösen az utóbbi 1-2 évre igaz. E tapasztalatok sokszor egymásnak ellentmondóak, olyannyira, hogy egyes elemzők akár a CAD-rendszerek szerepét, hasznát is megkérdőjelezzik. A tapasztalatokból leszűrhető két legfontosabb megállapítás: a CAD-rendszerek alkalmazása egyértelműen növeli a felfedezett rosszindulatú daganatok számát, miközben szintén növeli a felesleges visszahívások és a feleslegesen elvégzett biopsziavizsgálatok számát.

A CAD-rendszerek pozitív hatását több, egymástól függetlenül kiterjedt vizsgálat is megerősítette. Egy több mint 25 ezer páciensre kiterjedő vizsgálat kimutatta, hogy a CAD alkalmazása a rosszindulatú elváltozások kiemelését mintegy 16%-kal növelte [10]. A növekedés kiemelkedően nagy, több mint 150%-os volt a kisméretű (< 1cm-es) invazív rákoknál. Ugyancsak jelentősen nőtt a találati arány a fiatalabb korosztályt jellemző denz emlők esetén.

A CAD-rendszerek szerepének értékeléséhez ugyanakkor azt a hatást is figyelembe kell venni, hogy a CAD alkalmazásánál a visszahívások száma jelentősen nőtt. A The New England Journal of Medicine 2007. április 5-i cikke szerint [11] a CAD alkalmazásának következtében 32%-kal megnőtt a visszahívott páciensek száma és mintegy 20%-kal nagyobb számban végeztek biopsziás vizsgálatokat, melyek döntő többsége feleslegesnek bizonyult.

A nagyobb visszahívási arány részletesebb elemzése itt azonban több, egymást erősítő okot állapított meg. A CAD-rendszerek döntő többségét közvetlen digitális mammográfiai rendszereknél alkalmazzák, és az FFDM-alapú szűrőseknél már CAD nélkül is növekszik a téves pozitív találatok aránya. A vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a CAD eredményeit a kevésbé gyakorlott radiológusok inkább elfogadják, tehát ezek a szakorvosok hajlamosabbak a saját értékelésüket felülvizsgálni és a CAD eredményeit kritikátlanul elfogadni.

További negatívum, hogy a CAD-rendszerek – legalábbis egyelőre – azt a várakozást sem igazolták, hogy a vizsgálatokra fordított idő jelentősen csökkenthető.

Bár az említett járulékos okok jelentősen hozzájárulnak a túl magas visszahívási arányhoz, a legfontosabb ok mégiscsak az, hogy a jelenlegi CAD-rendszerek még nem eléggé „jók”. A minősítésre szokásosan alkalmazott mérőszámok – az érzékenység, szenzitivitás és a fajlagosság, specificitás – azt mutatják, hogy a CAD-rendszerek akár önmagukban is elérik a 90% körüli érzékenységértékeket, ami elváltozástípustól függően ennél jóval nagyobb is lehet. Ugyanakkor a fajlagosság-értékek meglehetősen rosszak. Mammográfiai CAD-rendszereknél nem is ezt az értéket szokás megadni, hanem a képenkénti téves pozitív találatok számát. Ez az érték még a legjobb CAD-rendszereknél is meglehetősen magas, mikromeszesedéseknél 1 körüli, lágyszárnyékoknál pedig 1-3 között van. Ráadásul ezeknek az értékeknek a meghatározása és az egyes CAD-rendszerekre vonatkozó értékek összehasonlítása meglehetősen bizonytalan, hiszen nincs egy olyan standard mam-

mográfiai tesztkészlet – benchmark – melyen ezek a tesztvizsgálatok elvégezhetők; többnyire minden CAD-fejlesztő vagy -alkalmazó saját képkészleten végzi a minősítést. Ezen bizonytalanságok ellenére az azonban egyértelműen megállapítható, hogy a szenzitivitás növelése, de legalábbis a megtartása mellett a téves pozitív találatok arányát jelentősen csökkenteni kell. A továbbiakban ennek néhány új lehetőségére szeretnénk kitérni.

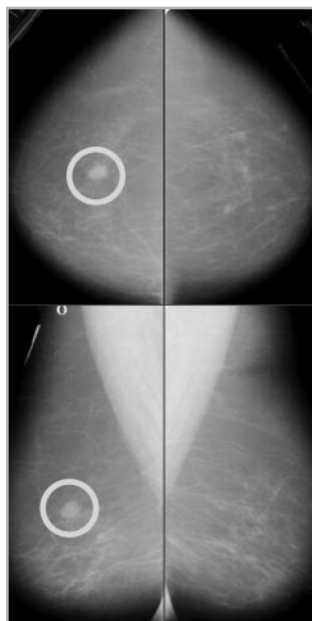
LEHETŐSÉGEK A CAD-RENDSZEREK TALÁLATI ARÁNYÁNAK NÖVELÉSÉRE

A mammográfiai szűrővizsgálatok hatékonyságának növelésére több lehetőség kínálkozik. A FFDM-rendszerek elterjedése a CAD-ek alkalmazásának szerepét növeli. A minőség javításának legtermészetesebb módja, ha az egyes képek elemzése hatékonyabbá válik. Ez az út mindenképpen fontos, bár az előzőekben bemutatott indokok miatt fáradságos és minden bizonnyal csak lassú, fokozatos javulást eredményezhet.

A minőség javításának fontos útja, ha olyan módon fejlesztjük tovább a CAD-rendszereket, hogy minél több rendelkezésre álló információt fel tudjanak használni. E tekintetben szükség van annak a folyamatnak a minél pontosabb elemzésére és megértésére is, ahogy a radiológus a képet minősíti. A radiológus által végzett képelemzés alapvető eleme, hogy az egyes felvételek külön-külön történő átnézése mellett a képek együttes vizsgálata is megtörténik. Mint-hogy mindkét emlőről két eltérő nézetből készülnek felvételek (CC- és MLO-felvétel), fontos lehet az egyazon emlőről készült két felvétel és a két emlőről készült azonos nézetű felvételek együttes vizsgálata. Amennyiben egy elváltozásra utaló jel az emlő egyik felvételén megtalálható, nagy valószínűséggel annak meg kell jelennie az emlő másik irányú felvételén is. Hasonlóan hasznos információval szolgálhat a két emlő azonos nézetű felvételének összevetése is. Bár az emberi test felépítése matematikai értelemben nem szimmetrikus, a két emlő bizonyos szimmetriatulajdonságokat mutat; amennyiben az egyik oldali felvételen található elváltozásra utaló jelek a másik oldal megfelelő felvételén is megjelennek, ezek valószínűleg nem kóros elváltozásra utalnak. Az ilyen típusú szimmetria hiánya ugyanakkor növeli annak valószínűségét, hogy valóban kóros folyamatokra utaló jeleket találtunk. A fentiek illusztrálására szolgál az 1. ábra.

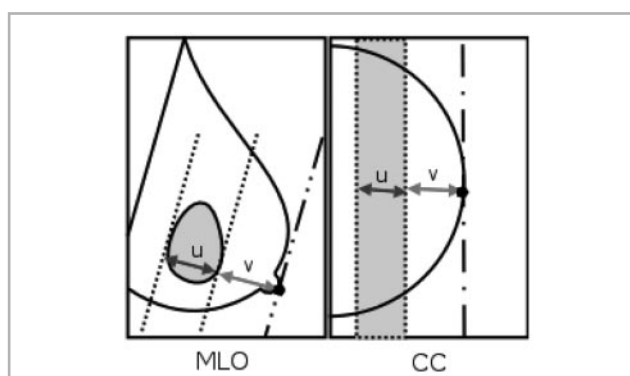
Az ábra olyan esetet mutat, ahol a bal emlő mindkét nézetén lágyrészárnyék látható. A képek ugyanakkor azt is mutatják, hogy a megjelölt árnyék a jobboldali emlőkön nincs meg. Mindkét megfigyelés növeli annak valószínűségét, hogy a megtalált területet gyanúsak minősítsük és a páciens további vizsgálatra visszahívjuk.

Az együttes vizsgálat során azt kell megállapítani, hogy a két nézetben megjelenő elváltozás gyanús területek megfeleltethetők-e egymásnak. Ez a feladat korántsem egyszerű. A nehézséget az okozza, hogy a felvételt készítés köz-



1. ábra
Elváltozás megjelenése az azonos oldali emlő két nézetén

ben az emlőt kompresszálják, tehát a két nézet egy rugalmas „objektum” két, eltérő mértékben kompresszált változatáról készül. Ráadásul egy háromdimenziós (3D) objektumról csak két nézetünk van. Így a két nézet alapján az emlő 3D-s képének összeállítása és az egyes megjelölt területek egymásnak történő egyértelmű megfeleltetése elvileg sem lehetséges. A két nézet összevetése mégis fontos, hiszen ezzel a gyanú megerősíthető, illetve egyes téves pozitív találatok eldobhatók. Az együttes vizsgálat fontossága ellenére a létező CAD-rendszerek ilyen funkcióval nem rendelkeznek és csak néhány helyen [12] – köztük a BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszékén – indult meg olyan kutatómunka, mely ezt a lehetőséget a gyakorlatban alkalmazható módon próbálja megvalósítani.

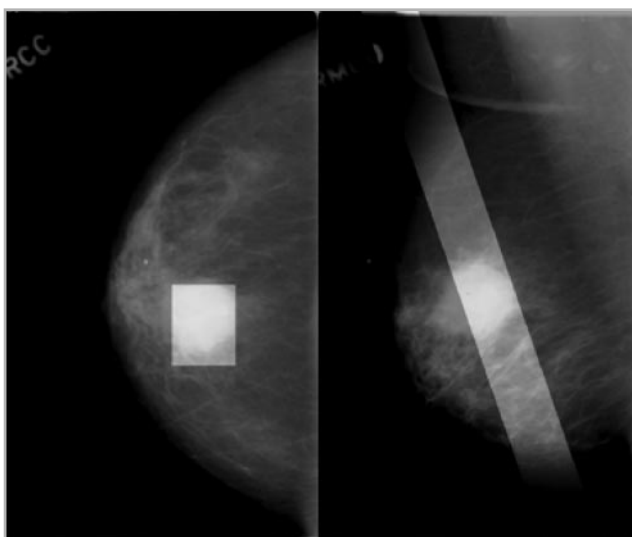


2. ábra
A két nézet geometriai megfeleltetésének elve

Az általunk végzett vizsgálat, melyet 2,5D-s visszaállításnak nevezünk, a 2. ábrán látható feltételezésből indul ki [13]. Az ábra azt mutatja, hogy az egyik nézetben található tartomány a másik nézetben egy megfelelő méretű és elhelyezkedésű sávnak felel meg, ahol a geometriai összeren-

delés az u és v távolságok alapján történhet. A kompresszió okozta deformáció miatt ez a megfeleltetés nem pontos, azonban nagyszámú mintán elvégezve a megfeleltetés hibájának statisztikai elemzését, megállapítható, hogy a gyakorlatban jól használható [14]. Ennél pontosabb megfeleltetés az emlő mechanikai modelljének felállítása és a mammoográfias felvételek készítésénél a kompresszió mértékének mérése útján lenne lehetséges. Figyelembe véve, hogy az emlő mechanikai tulajdonságai (pl. rugalmasság) egyéntől függnnek, továbbá, hogy a szükséges egyéb adatokat (pl. kompresszió mértéke) sem szolgáltatják a mai mammoográfias készülékek, pontosabb modell felállítása ma nem reális.

A 3. ábrán egy valóságos felvételen látható az egyes területek fenti elv szerinti geometriai megfeleltetése.



3. ábra
Lágyrészárnnyékok egymásnak való megfeleltetése

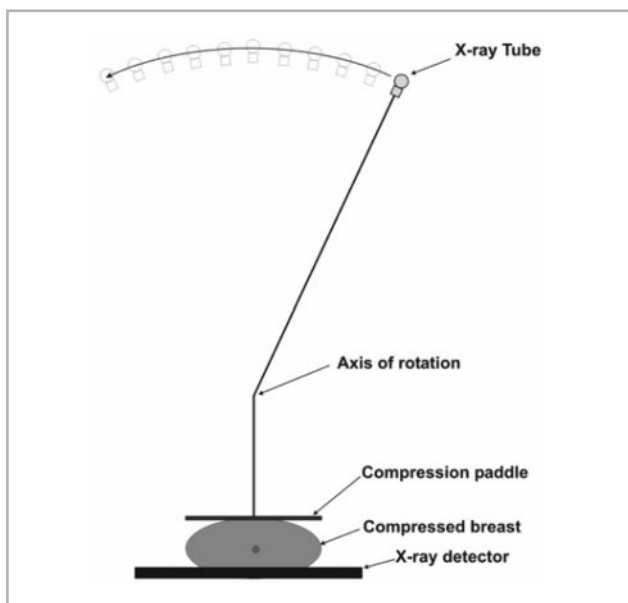
A CC-képen megtalált lágyrészárnnyék az MLO-képen a megfelelő sávban helyezkedik el.

Az együttes vizsgálat megbízhatóságát javíthatjuk, ha a megjelölt képrészletek bizonyos jellemzőit is figyelembe vesszük. Ez lágyrészárnnyékoknál a megtalált árnyék geometriai és texturális jellemzőit, mikromeszesedéseknél az egyedi mésszárnnyékok számát, az egyes mésszárnnyékok méretét, alakját stb. jelentheti.

Saját vizsgálataink azt mutatják, hogy a 2,5D-s modell felállításával és az együttes vizsgálattal a téves pozitív találatokat mikromeszesedéseknél mintegy 12%-kal, lágyrészárnnyékoknál pedig közel 19%-kal sikerült redukálni, miközben a valódi pozitív találatok száma csak kismértékben, mintegy 3, illetve 4,5%-kal csökkent. A módszer további finomításával az eredmények minden bizonnyal még javíthatók.

További jelentős javulás valódi 3D-s visszaállítással lenne lehetséges, ez azonban a mai felvételi technika mellett nem oldható meg. A 3D-s visszaállításhoz egyrészt több képre lenne szükség, másrészt vagy a kompresszió mértékét kellene csökkenteni, vagy egy pontos mechanikai mo-

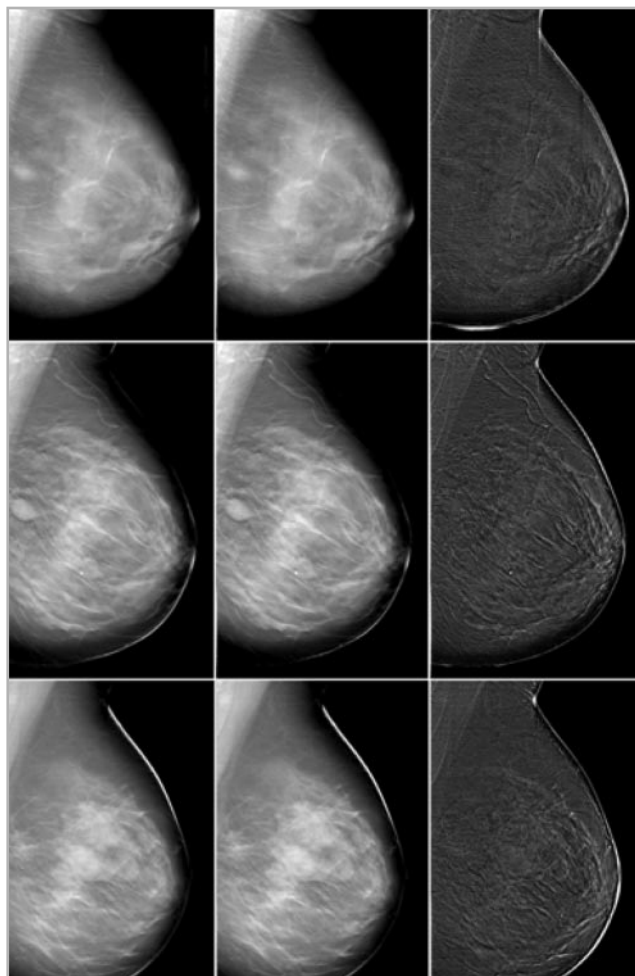
dellet kellene kidolgozni az emlőről. Bár ilyen típusú kezdeményezések is vannak, hatékonyabb eljárást kapnánk, ha az emlőről adott pozíció és kompresszió mellett több különböző irányú felvétel készülne. Az ilyen irányban történő próbálkozások egy sikeresnek ígérkező változata az ún. tomoszintézis (tomosynthesis), ahol a most megfogalmazott követelmények teljesülnek. A tomoszintézis elvét a 4. ábra mutatja [15].



4. ábra
A tomoszintézis elve

Az ábrán látható, hogy az emlő a több, összesen 11 felvétel elkészítése alatt azonos pozícióban van. Így az egyes felvételek valóban ugyanannak a 3D-s objektumnak a különböző irányokból felvett képei. Ráadásul az itt alkalmazott kompresszió is lényegesen kisebb a mai mammoográfias készülékeknél alkalmazott kompresszióénál. A 11 felvétel valódi 3D-s visszaállítást tesz lehetővé, ahol azonban a 3D-s megjelenítés helyett annak egyes szeleteit jelenítik meg. A képsorozat tehát az egyes emlőszeleteket mutatja (5 ábra), jól felismerhető módon megjelenítve az esetleges kóros elváltozásokra utaló jeleket.

A tomoszintézis jelenleg kísérleti állapotban van, és bár az előzetes statisztikák szerint mind a szenzitivitása, mind a specificitása jobb, mint a ma használatos mammoográfias vizsgálati eljárásnak, elterjedése a szűrővizsgálatoknál a közeljövőben még korántsem várható. Ismereteink szerint maga a vizsgálati eljárás sem kapott még jóváhagyást a FDA-tól. Rendszerbeállítás a készülék és a hozzá kapcsolódó képvisztaállító, szeletszámító rendszer és kiegészítő CAD áratól is függ. Műszaki szemmel nézve azonban mindenképpen ígéretes eszköz, és amennyiben a röntgenfelvételek alapján történő mellrákszűrést valami teljesen más elvű megoldás nem váltja fel, hosszabb távon nagyon valószínű a szűrőcentrumokban való megjelenése.



Az emlőrák korai felismerésének további lehetőségeit jelentik a ma már szintén rendelkezésre álló egyéb eszközök. Ezek között elsősorban az MRI-eljárást és az ultrahangos vizsgálatokat kell megemlíteni, de a PET-technológia is alkalmazható emlőrák kimutatására. Ezen eljárások, vizsgálati módszerek részben kiegészítik a mammográfiai vizsgálatokat, részben a szűrés eredményeképpen visszahívott betegek további vizsgálatánál van szerepük. Az ultrahangos vizsgálatok szerepe elsősorban a fiatalabb korosztálynál kiemelt, ahol különösen fontos a sugárterhelés minimalizálása. Ráadásul az ultrahang a denz emlőknél adhat értékelhető eredményeket, amikor a hagyományos mammográfia érzékenysége nagyon kicsi. Az MRI és különösen a PET emlőrákszűrésre való alkalmazása – különösen Magyarországon – egyelőre nem várható a hagyományos mammográfiai szűrővizsgálatokhoz viszonyított igen magas költségek miatt. Ennek ellenére mind Európában, mind a tengerentúlon számos helyen indult meg olyan kísérleti munka, amikor az egyes modalitások együttesen kerülnek alkalmazásra, jelentősen javítva a rákos esetek felismerési arányát és redukálva a felesleges visszahívásokat. A multimodalitás minden jelenlegi nehézsége ellenére olyan további tartalékokat jelent, melyek a minél korábbi detektálás lehetőségét biztosíthatják, tovább redukálva a mellrák okozta halálozást.

5. ábra
Néhány szelet a 3D-s visszaállított emlőképből. A képsorozat jól mutatja, hogy egyes szeletek az emlő más részletét teszik láthatóvá

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Kovács Gábor Csongor, Horváth Gábor, Illyés György, Kovács Árpád, Tarján Zsolt, Mammográfiai felvételek értékelését segítő számítógépes döntéstámogató rendszerek szerepe az orvosi képi diagnosztika területén, IME Vol.3. No.6 pp. 41. 2004.
- [2] Horváth Gábor, Dömötöri Zsuzsa, Kovács Gábor, Hazai mammográfiai CAD-rendszer és az első tesztek tapasztalatai, IME, Vol.4. No. 4. pp. 34-40. 2005.
- [3] L. Tabár: Diagnosis and In-Depth Differential Diagnosis of Breast Diseases, Breast Imaging and Interventional Procedures, ESDIR, Turku, Finland, 1996.
- [4] Thomas M. Kolb, Jacob Lichy and Jeffrey H. Newhouse: Comparison of the Performance of Screening Mammography, Physical Examination, and Breast US and Evaluation of Factors that Influence Them: An Analysis of 27,825 Patient Evaluations. Radiology; vol. 225, pp.165-175. 2002.
- [5] Kodak Shows Innovative Mammography CAD System as Work-in-Progress, Aug. 2004.
<http://www.kodak.com/US/en/corp/pressReleases/pr20040801-01.html>
- [6] Tabár, L.: Diagnosis and treatment of early stage breast cancer Interdisciplinary Conference, Szeged, Hungary, 1999.
- [7] <http://www.pamf.org/radiology/imagechecker.html>
- [8] http://www.icadmed.com/solutions/documents/SLDigitalSellSheetwithAgfa5_14_07.pdf
- [9] <http://www.imaginis.com/breasthealth/CAD.asp>
- [10] T. E. Cupples, J. E. Cunningham and J. C. Reynolds Impact of Computer-Aided Detection in a Regional Screening Mammography Program, American Journal of Roentgenology. Vol. 185. pp. 944-950. 2005.
- [11] Joshua J. Fenton és mások: Influence of Computer-Aided Detection on Performance of Screening Mammography, The New England Journal of Medicine, Vol. 356. No. 14. pp.1399-1409. 2007.

- [12] Berkman Sahiner, Heang-Ping Chan, Lubomir M. Hadjiiski, Mark A. Helvie, Chinatana Paramagul, Jun Ge, Jun Wei, and Chuan Zhou, „Joint two-view information for computerized detection of microcalcifications on mammograms”, *Med. Phys.* 33 (7), pp. 2574-2585, July 2006.
- [13] M. Altrichter, Z. Ludányi and G. Horváth „Joint Analysis of Multiple Mammographic Views in CAD Systems for Breast Cancer Detection” *Proceedings of the 14th Scandinavian Conference, SCIA 2005, Joensuu, Finland, June 19-22, 2005. Lecture Notes in Computer Science, Springer ISSN: 0302-9743. Computer Science, Volume 3540/2005, (Eds: Heikki Kalviainen, Jussi Parkkinen, Arto Kaarna) pp. 760-769.*
- [14] M. Altrichter and G. Horváth: „The Refinement of Microcalcification Cluster Assessment by Joint Analysis of MLO and CC Views” *Digital Mammography, Proc. of the 8th International Workshop, IWDM 2006, Manchester, UK. Lecture Notes in Computer Science, Springer ISSN: 0302-9743. Volume LNCS 4046, (Eds: Susan M. Astley, Michael Brady, Chris Rose and Reyer Zwiggelaar) pp. 509-516.*
- [15] T. Dobbins III. and D.J. Godfrey: „Digital X-ray tomography, current state of the art and clinical potential”, *Physics in Medicine and Biology, Vol. 48, No. 19. pp. 65-106, 2003.*

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.



Altrichter Márta okleveles mérnök-informatikus. 2005-ben végzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informati-

ka Karán. Végzését követően doktori (PhD-) tanulmányokat kezdett az egyetem Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszéken. Jelenleg harmadéves doktorandusz hallgató. Témája orvosi képfeldolgozás és diagnosztika.

Az emlő jó- és rosszindulatú daganatainak műtéti esetszáma 2006-ban intézményenként

A Sebészeti Szakmai Kollégium ajánlása, hogy azokban az intézményekben végezzenek daganatos emlőműtétet, ahol az emlőrák műtéti esetszáma eléri a 70-100-as nagyságrendet. (Forrás: Az emlő jó- és rosszindulatú daganatainak sebészi kezelése, Sebészeti Szakmai Kollégium által készített szakmai protokoll, www.eum.hu) A javaslat mögött az a feltételezés áll, hogy ilyen nagyságrendű beavatkozás esetén biztosítható megfelelő tapasztalat és gyakorlat. A Felügyelet által készített kimutatás szerint az emlőrákműtétet végző intézmények több mint a felében 70-nél kevesebb volt ez az esetszám (a listában azok az intézmények szerepelnek, amelyek a társadalombiztosítási ellátás keretében 2006-ban legalább egy, az adott körbe sorolt beavatkozást végeztek aktív fekvőbeteg-ellátás keretében, és ezt az OEP visszaigazolta). A kimutatás finanszírozási adatok alapján készült, így az esetszámot illetően kisebb eltérések előfordulhatnak; nagyságrendi eltérés azonban nem valószínűsíthető.

http://www.ebf.hu/pdf/emlomutet_esetszam_2006.pdf