

# **DIPLOMAMUNKA**

Pongor Attila

Debrecen

2010

Debreceni Egyetem  
Informatikai Kar

## **Melanómára utaló alaktani elváltozások jellemzése**

Témavezető:

Dr. habil. Hajdu András

Egyetemi docens

Készítette:

Pongor Attila

Programtervező matematikus

Debrecen

2010

# Tartalomjegyzék

1. Bevezetés .....	3
1.1. Diplomamunkám témája.....	3
1.2. Témaválasztás oka.....	3
1.3. Személyes indíttatás .....	5
2. Elméleti háttér.....	6
2.1. Mi a képfeldolgozás?.....	6
2.1.1. A digitális kép fogalma és rövid története.....	6
2.1.2. A digitális képfeldolgozás fogalma .....	7
2.1.3. A digitális képfeldolgozás története .....	7
2.2. Mi a melanóma? .....	8
2.2.1. Definíciója .....	8
2.2.2. Jelei és tünetei.....	9
2.2.3. Genetikai okai.....	9
2.2.4. Megjelenésének esélye a bőrtípusokat tekintve.....	10
2.2.5. Diagnosztizálása .....	11
2.2.6. Megelőzés.....	14
2.3. A dermatoszkópia .....	14
2.3.1. Kialakulása .....	15
2.3.2. A dermatoszkópia előnyei .....	16
3. Kutatások a témában.....	17
4. A szegmentálás megvalósítása .....	19
4.1. Folyamata .....	19
4.1.1. Kezdeti terület meghatározása.....	19
4.1.2. Regionalizációs fázis .....	21
4.1.3. Az anyajegy területének kiválasztása .....	23
4.1.4. Régió-növelés .....	25
4.2. A sikeres szegmentálás feltételei.....	27
4.3. Az alkalmazás fejlesztési lehetőségei.....	29

5. Implementáció .....	31
5.1. A program fejlesztésének szempontjai .....	31
5.2. A megvalósítás .....	31
6. A rendszer bemutatása.....	36
6.1. Osztályozó létrehozása .....	36
6.2. Webes alkalmazási lehetőségek.....	37
6.2.1. Orvosok bevonása .....	37
6.2.2. A felhasználók számára elérhető változat nyilvánossá tétele.....	38
6.3. Háromdimenziós testmodell alkalmazása .....	38
7. Összefoglalás .....	41
8. Irodalomjegyzék .....	43
9. Függelék .....	47
Köszönetnyilvánítás .....	52

# 1. Bevezetés

## 1.1. Diplomamunkám témája

Diplomamunkámban a melanóma felismerésének módszerével foglalkozom és egy olyan programot mutatok be, amely egy anyajegyről készített képen elkülöníti az anyajegyet a környező bőr területétől.

Ahhoz, hogy el tudjuk dönteni egy anyajegyről, hogy tumor-e vagy sem, kulcsfontosságú a területének pontos meghatározása, ezért szükség van egy olyan programra, amely egy szakértő bőrgyógyász pontosságával végzi el ezt a feladatot. Az alkalmazás egy nagyobb rendszer része, amelynek célja, hogy segítse a rosszindulatú daganatok kiszűrését.

A diplomamunkámban a szegmentáló megvalósításán kívül a teljes rendszerrel kapcsolatos elképzeléseket és terveket is bemutatom.

## 1.2. Témaválasztás oka

A melanóma kevésbé gyakori, mint más, a bőrön kialakuló daganatok, de azoknál jóval halálosabb. Főként a fehér bőrű emberek betegsége, de akár erősebben pigmentált bőrön is kialakulhat [Esther de Vires 2004].

Az elmúlt néhány évtizedben a világ legtöbb részén fokozatosan növekedett a rosszindulatú melanóma gyakorisága. Ausztráliában az előfordulása 100.000 fős populációt tekintve megközelíti az 50 főt [Stolz 2002]. Európában a 2004-es évben a 17. leggyakrabban diagnosztizált rák a férfiaknál és a nyolcadik leggyakoribb a nőknél. 2000-ben mintegy 26.100 férfinél és 33.300 nőnél diagnosztizálták Európában, és megközelítőleg 8.300 férfi és 7.600 nő hal meg ebben a betegségben [Esther de Vires 2004]. Ezek alapján látható, hogy az előfordulások száma az elmúlt évtizedekben megduplázódott és gyorsabban növekszik, mint bármely más rák esetében. Egyes becslések szerint csak az Egyesült Államokban 60.000 eset és 80.000 halál kapcsolható hozzá. Általánosan, egy személyre vonatkoztatva a megjelenési valószínűsége 1 a 75-höz [Goodson 2009].

Habár a fejlett rosszindulatú melanóma gyakran gyógyíthatatlan, korai stádiumban számos esetben gyógyítható, különösképp áttétek kialakulása előtt. Például, azok a páciensek, akiknek 0,75mm méretű vagy kisebb melanomájuk van, jó prognózissal rendelkeznek, mivel az 5 éves túlélési rátájuk meghaladja a 93 %-ot [Meyskens 1998]. Ezért kritikus a korai detektálás a melanóma okozta halálesetek számának csökkentése érdekében.

Gyakran nehéz megkülönböztetni a korai állapotú melanomát az anyajegyétől, különösen, ha kis léziókat foglalnak magukba. A dermatoszkópia, dermoszkópia vagy az ELM (epiluminescence light microscopy) javít a diagnózis hitelességén [Soyer 1987].

Stolz és társai kifejlesztettek egy diagnózis sémát dermatoszkópiai képek számára, amelyet ABCD szabálynak neveztek el [Stolz 1994]:

- A: aszimmetria (asymmetry)
- B: határ (border)
- C: szín (color)
- D: átmérő (diameter)
- E: növekedés (enlarging)

A módszer segítségével meghatározható az anyajegyek karakterisztikája az aszimmetriára, a határ jellemzőire, a sokszínűsége és különböző struktúrák jelenlétére vagy hiányára vonatkozóan. Ezeknek a jellemzőknek a kiértékelésével állapítható meg, hogy a vizsgált anyajegy melanóma-e vagy sem.

Mivel a bőrgyógyászati diagnózis gyakran szubjektív, ezért tapasztalatlan bőrgyógyászok esetében rossz reprodukálhatósággal és alacsony pontossággal rendelkezik. Szakértő bőrgyógyászok bevonásával a melanóma diagnosztizálhatósága 75–84%-ra növelhető, ezért szükséges egy olyan algoritmus, amely az anyajegy vagy tumor területét egy szakértő bőrgyógyász pontosságával határozza meg.

A diagnózis pontosságát nagymértékben meghatározza az anyajegy területének pontos megadása. Az 1990-es évek óta több eredményt is közöltek a témában [Pagadala 1998, Argenziano 2003]. A jelentős probléma az volt ezeknél a kutatásoknál, hogy a számítógép által kiválasztott régiók gyakran kisebbek voltak, mint a bőrgyógyászok által meghatározottak. A tumort közvetlenül körbe vevő terület ki lett zárva a későbbi vizsgálatokból, pedig fontos jellemző a melanóma diagnosztizálásában. Ezért kell

kifejleszteni egy még pontosabb tumor terület meghatározó algoritmust, amely által meghatározott eredmény a bőrgyógyászok által megadotthoz hasonló [Iyatomi 2008].

A megvalósítás alapjául a Dermatologist-like tumor area extraction algoritmust választottuk, mert a korábbi kimutatások eredményei arra mutattak rá, hogy kellően hatékony és jó lehetőségeket rejt magában. Az implementálás során az algoritmus megvalósításán kívül sikerült javítani annak hatékonyságán.

A kezdeti terület meghatározásánál pontosabb kiválasztást érünk el a megfelelő elmosás használatával, a regionalizációnál az összevonás folyamatában a régiók felügyeletével a törléstől megóvjuk a legnagyobb régiót, és a régió-növelés során alkalmasabb paraméterek használatával olyan képekre is jó eredményt kapunk, amelyekre eredetileg nem működött megfelelően a program.

A hatékonyságon kívül a minél gyorsabb működést is igyekeztünk szem előtt tartani. A kezdeti terület meghatározásánál olyan méterű Gauss elmosást használunk, amely a korábbihoz képest nem növeli a futási időt, a regionalizáció során kihasználva a nyelv adta lehetőségeket az eredetinel kevesebb lépésszámmal dolgozunk, az anyajegy területének kiválasztásának folyamán a nem kívánatos régiók törlése két lépésben történik, ezzel gyorsítva a programot, a régió-növelés során pedig célzottabb algoritmust használva kevesebb lépésben történik a feldolgozás.

Ezekkel a módszerekkel sikerült a programot az eredetinel hatékonyabbá és gyorsabbá tenni.

### **1.3. Személyes indíttatás**

A diplomamunka során új ismeretekre tehetünk szert, amelyek későbbi munkánk során igen hasznosnak bizonyulhatnak, ezen kívül még nagyobb indíttatást jelent, ha olyan területről választ az ember diplomamunkát, amellyel mások segítségére lehet, és ilyen az orvosi képfeldolgozás. Ezért választottam ezt a témát, és volt céloom egy, az orvosi gyakorlatban is jól használható program fejlesztése.

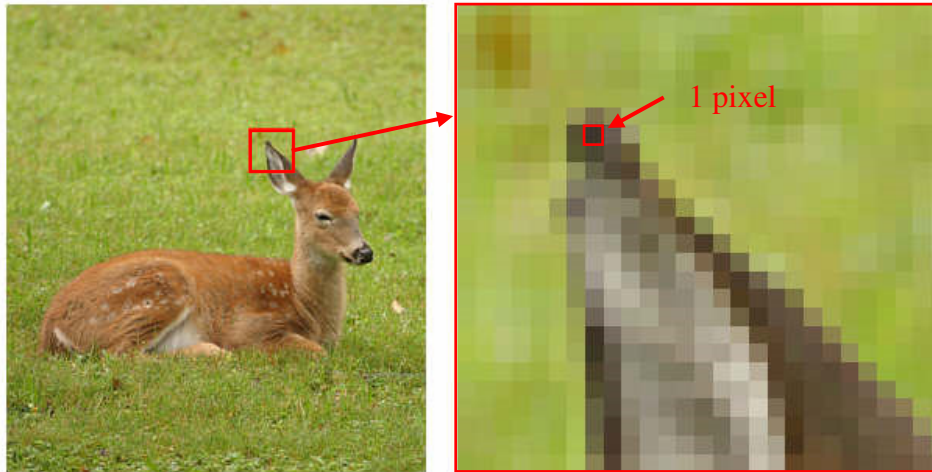
Annak elérése érdekében, hogy az alkalmazás univerzálisan, minden képre megfelelő eredményt generáljon, szükség van egy előfeldolgozóra, amely megfelelő formára alakítja a képet, mert az eredeti algoritmus sikeressége függ a kép elmosásától. A jövőben célunk egy osztályozó létrehozása a még jobb eredmény elérése érdekében.

## 2. Elméleti háttér

### 2.1. Mi a képfeldolgozás?

#### 2.1.1. A digitális kép fogalma és rövid története

A digitális kép egy kétdimenziós kép nullákból és egyesekből álló reprezentációja. Attól függetlenül, hogy a felbontása rögzített, lehet vektor vagy raszter típusú. A digitális kép alatt általában raszteres képeket értünk, ahogy az első ábrán is látható.



1. ábra. A pixelekből felépülő digitális kép. [Name: Digital Image Processing]

Az első számítógép által generált képet az 1960-as évek elején készítették az űrprogram és az orvosi kutatásokkal kapcsolatos eredményként.

A képfeldolgozás gyors fejlődése a mikroprocesszorok bevezetésével kezdődött az 1970-es évek elején, a tárolási és megjelenítési technológiákkal párhuzamosan. A digitális képek az analóg képek digitalizálásával jöttek létre és a képfeldolgozás főként ezek helyreállításával és javításával foglalkozott. Alkalmazni legelőször a nukleáris gyógyászat, csillagászat, bűnüldözés, honvédelem és az ipar területein kezdték.

A 20. század végén a mikroprocesszorok fejlődésével a fényképek és videófelvételek szalagra történő rögzítéséről fokozatosan tértek át a digitális eszközök használatára. A számítási

teljesítmény növekedésével fotorealisztikus digitális képek létrehozására nyílt lehetőség [Wikipedia: Digital image].

### **2.1.2. A digitális képfeldolgozás fogalma**

A digitális képfeldolgozás számítógépes algoritmusok felhasználása digitális képek feldolgozására. A képi adatok feldolgozása tárolásra, átvitelre és átalakítása önálló gépi észlelés számára [Wikipedia: Digital image processing].

### **2.1.3. A digitális képfeldolgozás története**

- 1920-as években a papíriparban történt a digitális képalkotás egyik első alkalmazása.
- 1921-ben kép küldése Londonból New Yorkba tenger alatti kábelen, Bartlane képátviteli rendszer.
- 1920-as évek közepétől a végéig: A Bartlane rendszer fejlesztése, ami jobb minőséget eredményez, fényképezési technikákon alapuló reprodukációs folyamatok, egyre több tónusú a reprodukált kép.
- 1960-as évek: Fejlesztések a számítástechnikában és az űrverseny kezdete vezet a nagyarányú képfeldolgozási munkákhoz.
- 1964: Ranger 7 űrszonda felvételeket küld a holdról, ezeket a képeket a számítógépek fejlesztésére használják fel, majd a létrehozott technikákat alkalmazták más űrmissziókban is, mint például az Apollo landolásánál is.
- 1970-es években kezdik használni a digitális képfeldolgozást az orvosi alkalmazásokban.
- 1979-ben megosztott Nobel-díjat kap Sir Godfrey N. Hounsfield és Allan M. Cormack számítógépes axiális tomográfia feltalálásáért.
- 1980-as évektől kezdődően a digitális képfeldolgozási technikák használata ugrásszerűen megnövekedett és használatuk az élet minden területén elterjedt, mint például a gyógyászat, csillagászat, bűnüldözés, honvédelem, ipar és a filmgyártás. [Namee: Digital Image Processing]

## 2.2. Mi a melanóma?

### 2.2.1. Definíciója

A **melanóma** vagy *melanoma malignum* a bőr pigment termelő sejtjeiből (*melanocyta*) kiinduló rosszindulatú tumor. Kialakulhat már meglévő anyajegyből különösen akkor, ha az állandó károsító ingernek van kitéve (például erős UV sugárzás, mechanikai ártalom), de megjelenhet anyajegytlő mentes bőrfelületen is. Egy példát a 2. ábrán láthatunk.



2. ábra. Melanóma. [Wikipedia: Melanoma]

Az előfordulása növekszik Magyarországon is, ugyanúgy, mint a világ minden részén. Elsősorban a középkorúak betegsége, a melanomával diagnosztizáltak átlagéletkora 40-45 év. Klinikailag több formáját különböztetik meg, melyek mind megjelenésben mind a prognózist tekintve eltérnek egymástól. Mivel a bőrön helyezkedik el, rendszeres önvizsgálattal és bőrgyógyászati szűrésekkel idejekorán felismerhető. Terápiája sebészi. [Wikipedia: Melanoma] A fő veszélyt nem a kialakulása jelenti, mivel egy szakorvos könnyen eltávolítja a megváltozott anyajegyvet, hanem annak a terjedése a bőr alsóbb rétegeibe vagy akár a bőr

alatti szövetekbe. A túlzott növekedés miatt az eltávolítás akár lehetetlenné is válhat, aminek a következménye akár a páciens halála is lehet. Ezért lényeges a minél korábbi felismerés és kezelés.

### **2.2.2. Jelei és tünetei**

A melanóma megjelenésének korai jelei a létező anyajegyek alakjának vagy színének megváltozása, felismerésének alapját az ABCDE módszer jelenti. Az anyajegy viszkethet, elfekélyesedhet, vagy vérezhet. A daganat áttétele több tünetet okozhat, mint étvágytalanság, émelygés, hányás és fáradtság [Wikipedia: Melanoma]. Lényeges, hogy még jóval az áttételek kialakulása előtt megtörténjen az elváltozás felismerése és az anyajegy eltávolítása. Ha ez mégsem történik meg, annak a következményei akár halálosak is lehetnek.

### **2.2.3. Genetikai okai**

A családi melanóma genetikailag heterogén. A családi melanóma okaként azonosított genetikai kromoszóma karok 1p, 9p és a 12q.

Ma a melanóma csak az után diagnosztizálható, miután a bőrön láthatóvá válik. A jövőben az orvosok remélhetőleg képesek lesznek észlelését a páciens genotípusára alapozni, nem csak a fenotípusra. A legutóbbi genetikai fejlődések ígéretet tesznek arra, hogy a magas kockázatú genotípusú személyeket azonosítsák és meghatározzák mely lézióknak van a legnagyobb esélyük arra, hogy daganattá váljanak.

Létrehoztak két olyan genetikai modellt, amely alapján megjósolható a melanóma előfordulásának kockázata, és a kutatók remélik, hogy a jövőben olyan genom skála modelleket hoznak létre, amely alapján megjósolható a melanóma kialakulása a páciensek genotípusa alapján. [Wikipedia: Melanoma]

A melanóma kialakulásának fő kockázati tényezője az ultraviola sugárzás (UVR). A betegek genetikai rendellenességei 1000 szeresére növelhetik a kialakulás kockázatát. Ha a családon belül több melanomás eset is előfordul, legalább 2-3, akkor magasabb a megbetegedés esélye.

Az UVR sugárzás UV-A, UV-B és UV-C sugárzásokra osztható fel. A bőr elnyeli az ultraviola sugárzást, aminek többsége elsősorban UV-B és UV-C, ez felszívódik a bőr különböző molekuláiban, mint például a keratin és a DNS. Ahol az UVR elnyomja immunreakciókat, antigéneket és mutációkat indukál. A DNS javítás nélküli mutációi akár daganatok kialakulását is eredményezhetik. Ezek a molekulákon belüli változások gyakran károsak, de a sérült molekulák rendszerint helyettesíthetőek épekkel. A sérült DNS javítására különféle mechanizmusok léteznek, például a nukleotidot kivágó, javító mechanizmusok. Ezek a sérült molekulák felhalmozódhatnak az őssejtekben vagy az extracelluláris struktúrákban és kifejtetik káros hatásukat, mint az elasztózis, a bőr korai öregedése, a ráncosodás, a bőrrák és a szürkehályog.

Az ultraviola sugárzás által történő időszakos megvilágítás fehér bőrű emberek esetén, különösen gyermekkorban növeli a melanóma kialakulásának kockázatát. Az UVR növeli a kialakulás esélyét, elsősorban az erre hajlamos embereknél. Az összes bőrrák esetében, a bőr típusa a kockázat fontos meghatározója. Azoknál a személyeknél, akik könnyen leburnulnak nagyobb a bőrrák kialakulásának a kockázata azokkal szemben, akik egyszerűen nem égnek le [Goodson 2009].

#### **2.2.4. Megjelenésének esélye a bőrtípusokat tekintve**

A melanómát tekintve az embereket két nagy csoportba sorolhatjuk: kaukázusi és nem kaukázusi típusúak. Kaukázusi bőrtípussal rendelkeznek az európai, észak-amerikai, ausztráliai (betelepült) személyek. A melanóma kialakulásának oka a bőr alacsony pigment tartalma, aminek következtében világos bőrön megközelítően hússzor nagyobb eséllyel alakulhat ki melanóma, mint a sötétebb bőrű népességben [Giblin 2006]. A bőrön kialakuló melanóma szinte ismeretlen az afrikai, ázsiai, közép- és dél-amerikai közösségekben, ennek valószínűsíthető oka a bőr magasabb pigment tartalma. Az ultraviola sugárzást kevésbé fontos tényezőnek tartják ezekben a társadalmakban. A melanóma leggyakrabban a nem pigmentált területeken jelenik meg, mint például a tenyér, kéz, talp és a körmök. A közös problémát az jelenti, hogy ezen a bőrtípuson a pigmentált elváltozásokat nehezebb észrevenni, így a melanóma késői észlelése okán magas a halálozási arány [Esther de Vires 2004].

### 2.2.5. Diagnosztizálása

A melanóma észleléséhez (és a túlélés mértékének növeléséhez) ajánlott megtanulni felismerésének módszerét. Körültekintőnek kell lenni, és figyelni kell a változásokra (méret, szín, forma, viszketés, vérzés) és minden gyanús anyajegyet meg kell mutatni egy olyan orvosnak, aki a bőrdaganatok terén megfelelő szakértelemmel rendelkezik. [Wikipedia: Melanoma]

Egy általános módszer a melanóma jeleinek és tüneteinek felismerésére a 3. ábrán látható „ABCDE” szabályrendszer, ami a következő pontokból épül fel:

- Asymmetry: aszimmetrikus forma
- Border: szabálytalan határ
- Color: sokszínűség
- Diameter: 6 mm-nél nagyobb átmérő
- Enlarging, evolving: növekedés, fejlődés

Asymmetry: aszimmetria

Az anyajegyek általában szimmetrikusak, körhöz vagy ellipszishez hasonló alakúak. A korai melanómák aszimmetrikusak, formájuk leginkább amőbához hasonlítható. Legkönnyebben felismerni úgy lehet, hogy ha két részre osztjuk, az egyik fele nem feleltethető meg a másiknak.

Border: határ

Az egészséges anyajegyek egyenletes és sima határral rendelkeznek, a melanóma határvonala ezzel szemben szabálytalan, egyenetlen vagy homályos. Vizsgálatának módszere a kör vagy ellipszis alaktól való eltérés kiértékelése. Minél nagyobb az eltérés, annál valószínűbb, hogy melanóma látható az adott képen.

Color: szín

Az anyajegyek egységes barna színárnyalattal rendelkeznek, a melanóma ezzel szemben több árnyalatból is állhat a rózsaszíntől egészen a feketés színekig. Ezek a színváltozások szabad szemmel is jól láthatók. Ha egy anyajegy több színből áll, akkor nagy valószínűséggel veszélyesnek mondható.

Diameter: átmérő

Az alakján, formáján kívül oda kell figyelni az anyajegy méretére is. Ha az anyajegy átmérője eléri a 6 millimétert, akkor fokozott figyelmet kell fordítani rá, mert ezek könnyen veszélyessé válhatnak.

Enlarging, evolving: növekedés, fejlődés

Lényeges szempont az anyajegy méretének, színének, alakjának változása is. Bármilyen változás - méret, forma, szín, magasság, vagy más tulajdonság, új tünet, mint a vérzés, viszketés vagy kergesedés - veszélyt mutathat. A hirtelen vagy folyamatos növekedés külön aggodalomra adhat okot.

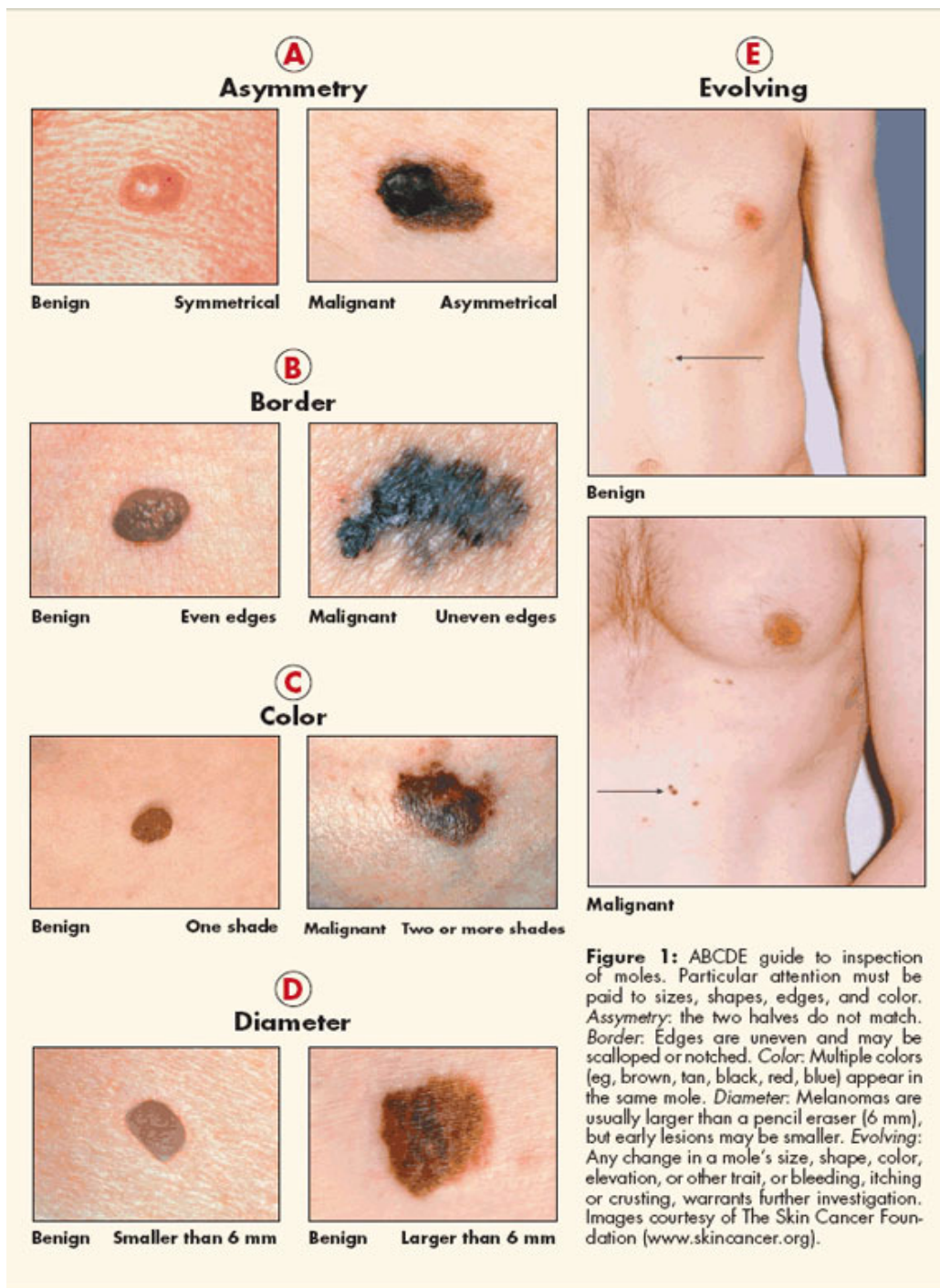
Összefoglalás

Az anyajegy 6mm-es átmérője a változások előfutára is lehet, de előfordulhat a méreten kívül az alak, a forma, a szín vagy a határ vonalának megváltozása is. Az ilyen változás észlelése arra kell, hogy készítse a beteget, hogy még időben forduljon bőrgyógyászhoz és vizsgáltsassa ki magát. A gyanús elváltozások esetén elvégzett biopszia segítségével biztosan kijelenthető, hogy a kérdéses anyajegy rosszindulatú vagy sem. Abban az esetben, ha bebizonyosodik, hogy az elváltozás rosszindulatú, akkor el kell távolítani.

A melanóma stádiumai és azok jellemzése

Stádium	Jellemzés
0	A melanóma az epidermiszre, a bőr felső rétegére korlátozódik.
I - II	A melanóma a bőrben található, de egyre nagyobb a vastagsága. A bőr ép vagy fekélyes ( a bőr felső rétege hiányzik )
III	A melanóma áttért a közeli nyirokcsomókra és egy vagy több nyirokcsomóban egyre nagyobb mennyiségben található meg.
IV	A melanóma már áttért a belső szervekre, a legközelebbi nyirokcsomókon túl távolabbi nyirokcsomókban vagy a bőr távolabbi területein is megtalálható.

1. táblázat. A bőrön kialakuló melanóma stádiumai [AAD: Malignant Melanoma]



3. ábra. Képi példa az ABCDE szabályokra. [Cancernetwork]

Az önvizsgálat fontos szereppel rendelkezik, mert a fejlettebb elváltozások szabad szemmel is felismerhetők. A páciensek a betegséget akár egy új anyajegy megjelenése által is észlelik. Azonban gyakran nehéz megkülönböztetni az atipusos anyajegyet és a melanomát. Az otthoni önvizsgálathoz képest még nagyobb szereppel és hatékonysággal rendelkezik a

dermatoszkópia. A bőrgyógyászok által felismert kezdeti stádiumban lévő melanomák mérete akár kisebb is lehet, mint 0.75mm. A sikeres korai felismerés növeli a túlélési arányt és csökkenti a rákkal kapcsolatos halálozások számát [Goodson 2009].

### **2.2.6. Megelőzés**

A melanóma kialakulásának fő kockázati tényezője az ultraviola sugárzás. A sugárzásnak kitettség mértékének minimálisra csökkentése (nap és napágy), az erős napfény elleni védekezések követése (hosszú ujjú pólók, ingek, hosszú nadrágok és széles karimájú ingek) biztosíthatják a védelmet.

Jó védelmet nyújt az ultraviola sugárzás ellen, ha kerüljük a napot délelőtt 9 és délután 3 óra között vagy amíg az árnyékunk rövidebb, mint amilyen magasak vagyunk.

Majdnem minden rosszindulatú melanóma úgy keletkezik, hogy megváltozik a bőr normál színe és megjelenése. Ez a terület egy sötét folt vagy egy rendellenes új folt is lehet. A melanóma másik formája, amikor egy már meglévő anyajegyből vagy szeplőből alakul ki.

Nagyon nehéz felismerni a normális anyajegy és a rosszindulatú melanóma közötti különbséget. Amikor a bőr pigmentált lézióin veszélyes jeleket keresünk, a fent említett „ABCDE” szabályokat kell használnunk, ezek segítségével felismerhetők a bőr ilyen jellegű elváltozásai.

### **2.3. A dermatoszkópia**

A dermatoszkópia (vagy másként dermoszkópia) a bőr lézióinak dermatoszkóppal történő vizsgálata. A dermatoszkóp hagyományosan nagyítóból, polarizálatlan fényforrásból, átlátszó lemezből, és az eszköz és a bőr közötti folyadékból áll. [Wikipedia: Dermatoszkópia]

A 4. ábrán látható modern dermatoszkópok nélkülözik a folyadék használatát, és helyette arra használják a polarizált fényt, hogy eltöröljék a bőrfelszín visszatükröződéseit.



(a) hagyományos dermatoszkóp



(b) polarizált fényű dermatoszkóp

4. ábra. Dermatoszkópok [Wikipedia: Dermatoszkópia]

### 2.3.1. Kialakulása

A bőr felszínének mikroszkópiai vizsgálata 1663-ban Kolhaus közreműködésével kezdődött, aki kis véredényeket vizsgált meg mikroszkóp segítségével. 1878-ban Ernst Abbe fejlesztette tovább köztes olaj alkalmazásával. A „dermatoszkópia” kifejezést 1920-ban Johann Saphier német bőrgyógyász vezette be, aki a bőr vizsgálatához egy új, beépített fényforrással rendelkező diagnosztikai eszközt hozott létre. A bőrfelszín mikroszkópos vizsgálatát az Egyesült Államokban Goldman fejlesztette tovább az 1950-es években. Több cikket is publikált egy új eszközről, amit „Dermoszkópiának” nevezett. Ő volt az első bőrgyógyász, aki a pigmentált léziók kiértékelésénél ezt az új technikát használta.

Az első bőrfelszín mikroszkópiával kapcsolatos konferenciát 1989-ben Hamburgban rendezték és az első dermoszkópiai internetes konferenciára 2001-ben Rómában került sor.

Mára a dermoszkópia rutin technikává vált Európában és a világ többi országában is egyre elfogadottabbá válik.

A hagyományos dermatoszkóp mellett jól használható az 5.ábrán bemutatott digitális fényképezőgép, amelyről a képek átmenthetők számítógépekre. Ez lehetővé teszi a könnyű tárolást, gyors visszakeresést és a pigmentált elváltozások nyomon követését. Ezen felül lehetőséget nyújt az orvosok számára interneten keresztül történő konzultációra is [Braun 2005].



(a) és (b) Fényképező gépekre csatlakoztatható kiegészítők

5. ábra. Eszközök a dermatoszkópiai képek készítéséhez [Dermlite Foto]

### 2.3.2. A dermatoszkópia előnyei

Azok az orvosok, akik szakértők a dermoszkópia ezen speciális területén, számottevően jobb diagnosztikai hitelességgel rendelkeznek, mint akik nem vettek részt dermatoszkópiai képzésen. A kellő tapasztalat megszerzéséhez arra van szükség, hogy az orvosok viszonylag sok esettel találkozhassanak, és ezekből kifolyólag rendelkezzenek azokkal az ismeretekkel, amelyek ahhoz szükségesek, hogy felismerjék melanóma különféle jellegzetességeit.

Dermatoszkópia használatával növelik a diagnózis pontosságát, miközben csökkentik a jóindulatú léziók fölösleges sebészi eltávolításainak gyakoriságát. [Wikipedia: Dermatoszkópia]

### 3. Kutatások a témában

Célunk egy a valós életben is jól használható, pontos és megbízható szegmentáló létrehozása. Ennek egyik talán leggyorsabban és leginkább célravezető módja a témában létrehozott tanulmányok vizsgálata. Kutatásokat folytattunk annak érdekében, hogy kiderítsük létezik-e hasonló program, és ha igen, mennyire megbízható, milyen eredményességgel dolgozik. Több tanulmányt is megvizsgáltunk, aminek eredményeként sikerült egy megfelelőnek tűnő alap algoritmust találnunk.

Celebi és társai [Celebi 2008] összehasonlítottak hét tumor terület meghatározó algoritmust. Ennek a háttérül 90 dermatoszkópiai képet használtak, amelyeken két szakértő bőrgyógyász jelölte be a daganatok határvonalát. A kiértékelési kritérium a kézzel meghatározott és a géppel számított határvonalak közötti százalékos eltérés volt.

Határ hiba (%) = ( Terület( Automatikus határ (+) Kézi határ ) / Terület( Kézi határ ) ) \* 100

Az Automatikus határ az a bináris kép, amit a számítógép által kiválasztott határvonalat kitöltve kapunk, a kézi határ ugyanilyen bináris kép, amit legalább az egyik orvos kiválasztott, a (+) szimbólum a kizáró vagyot jelenti és a Terület(X) adja meg az X bináris kép pixeleinek számát.

Az összehasonlítás tartalmazza:

- Optimized histogram thresholding [Pagadala 1998]
- Orientation-sensitive fuzzy c-means (OSFCM) [Schmid 1999]
- Gradient vector flow snakes (GVF snakes) [Erkol 2005]
- Dermatologist-like [Iyatomi 2008]
- Meanshift clustering [Melli 2006]
- Modified JSEG [Celebi 2007]
- Statistical region merging (SRM) [Celebi 2008]

Az összehasonlítás eredményének szemléltetésére a 2. táblázat szolgál.

Az említett metódusok szegmentálási eredményeinek összehasonlítása:

Metódus	Év	Jóindulatú		Melanoma		Összefoglalóan	
		Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
Histogram thresholdin	1998	12,55	7,27	21,33	15,37	14,79	10,61
OSFCM	1999	23	12,61	28,31	15,37	14,79	10,61
GVF snakes	2005	13,44	5,35	19,34	9,34	14,94	7,03
<b>Dermatologist-like</b>	<b>2006</b>	<b>10,66</b>	<b>5,13</b>	<b>13,7</b>	<b>8,93</b>	<b>11,44</b>	<b>6,4</b>
Meanshift	2006	11,53	9,74	13,29	7,42	11,98	9,19
Modified JSEG	2007	10,83	6,36	13,74	7,59	11,58	6,77
SRM	2007	10,92	5,73	11,08	6,07	10,96	5,78
Second dermatologist	N/A	8,45	3,75	7,81	3,49	8,28	3,76

**2. táblázat. Statisztika az algoritmusok által elért határ hiba százalékokról [Iyatomi 2008]**

A Dermatologist-like a kiértékelés során a jóindulatú anyajegyeket tartalmazó képeken a legkisebb hibával dolgozott és a képek összességét tekintve a második legjobb eredményt érte el. Az összehasonlítás tartalmaz egy Second dermatologist nevű algoritmust, ami a metódusok összességét tekintve elsőrangú eredményt ért el, és minden bizonnyal a Dermatologist-like folytatása, ami azt bizonyítja, hogy az eredeti algoritmusban remek lehetőségek rejlenek. Ebből az okból kifolyólag választottuk ki implementálásra és fejlesztésre a Dermatologist-like algoritmust.

## 4. A szegmentálás megvalósítása

A szegmentálás célja, hogy meghatározzuk az anyajegy valódi területét. Ehhez nagy mennyiségű dermoszkópiai képre van szükségünk, amelyeken el tudjuk végezni a terület kiválasztását és ellenőrizni annak pontosságát. A megvalósítás alapjául a Dermatologist-like tumor area extraction algoritmust választottuk, mert a korábbi vizsgálatok eredményei arra mutattak rá, hogy kellően hatékony és jó lehetőségeket rejt magában.

### 4.1. Folyamata

A szegmentálás módszere négy részre osztható:

1. Kezdeti terület meghatározása
2. Regionalizációs fázis
3. Az anyajegy területének kiválasztása
4. Régió-növelés

#### 4.1.1. Kezdeti terület meghatározása

Ebben a részben egy kísérleti területet választunk ki egy statisztikai pixel-alapú küszöbölési eljárás segítségével.

A kép küszöbölése előtt egy szűrő operátort használunk, elmoszuk a képet egy Gauss szűrő segítségével, így kiküszöböljük a fénykép készítésekor keletkező zajokat, továbbá megfelelő szűrő használatával a feldolgozás gyorsaságát is növelhetjük. Fontos szereppel bír a megfelelő Gauss elmosás, mert nagymértékben befolyásolja az itt kiválasztásra kerülő régiókat.

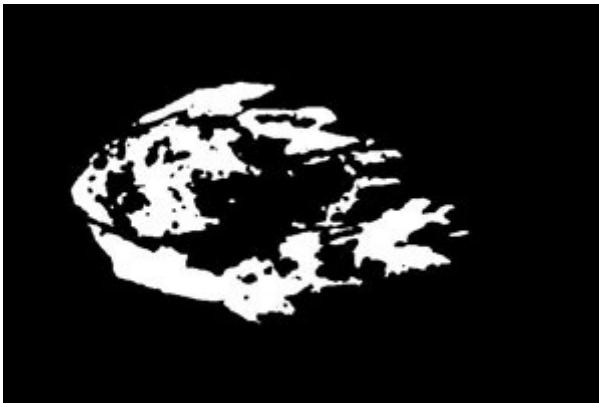
Az eredmény meghatározása két lépésben történik.

Először egy Laplace szűrőt alkalmazunk, ezt úgy használjuk fel, hogy az általa visszaadott értékek felső 20%-ához tartozó pixeleket választjuk ki és ezeken végezzük el az Otsu küszöbölést. Erre a lépésre azért van szükség, mert egy előzetes kiválasztást hajt végre, amelynek következtében olyan képpontok is szerepelnek majd az eredményben, amelyek az

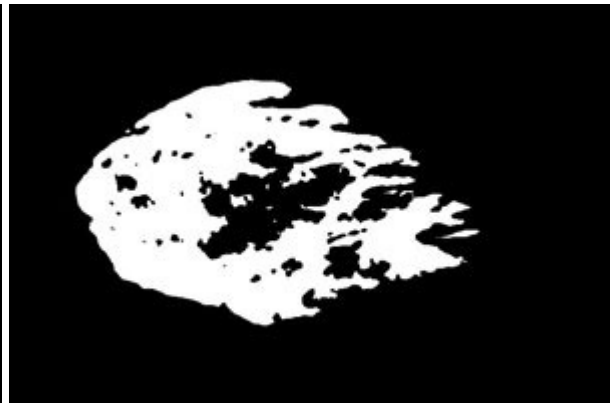
Otsu küszöb esetén kimaradhatnak a kapott képből. Segítségével a kezdeti terület még pontosabban meghatározható.

Az Otsu küszöböt úgy választjuk ki, hogy bizonyos jellemzőknek megfelelően maximalizáljuk a különböző színértékek csoportjai közti eltérést. Ilyen jellemző lehet az intenzitás, a vörös, zöld és a kék szintér. Ganster és társai [Ganster 2001] számoltak be arról, hogy a legjobb eredményt az RGB szintér kék szintéren érték el, amelyet Iyatomi és társai igazoltak egy korábbi kutatásukban. [Iyatomi 2006], ezért a küszöbölést a kék szintéren végezzük el, és az eljárás során kiválasztott küszöb értékénél kisebb színértékű pixeleket tekintjük a kísérleti terület elemeinek. Az említett eljárások eredményeként több, nagyobb méretű régiót kapunk, ezek szolgálnak a további feldolgozás alapjául.

A kezdeti terület meghatározásában kritikus pont a megfelelő Gauss szűrő használata. Túlságosan kis mértékű elmosás alkalmazásával nem csupán az anyajegy területe kerül kiválasztásra, hanem a környező bőr nagyon nagy része is. Túl nagy elmosás esetén előfordulhat, hogy egyes esetekben megfelelő az eredmény, de a bőr területének kiválasztása is sokszor előfordul.



(a) Laplace szűrés után



(b) Otsu küszöböléssel a Laplacet követően

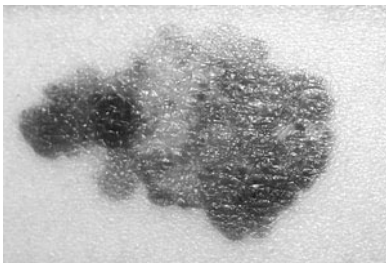
## 6. Kép. A kezdeti terület kiválasztásának bemutatása



(a) az eredeti kép



(b) szürkeskálás változata



(c) vörös színtér



(d) zöld színtér



(e) kék színtér

**7. ábra. A színterek közötti különbség szemléltetése**

Ezeken a képeken látható, hogy az anyajegy területe a kék színtéren a legegységesebb és a legsötétebb. Az Otsu küszöb esetén pontosan erre van szükségünk, mert az algoritmus a bőr színéhez közel hasonló értéket határoz meg és a küszöbölés során azokat a képpontokat választjuk ki, amelyek a színe sötétebb ennél az értéknél. Az eredményként kapott képen az anyajegy területének szinte teljes egésze szerepelni fog még néhány kisebb, a bőr területén található, a küszöbölés után megmaradt régióval együtt.

#### **4.1.2. Regionalizációs fázis**

Mivel az előző lépésben több különálló régió jött létre, egyesíteni kell az egymáshoz közel levőket azzal a céllal, hogy a nagy valószínűséggel összetartozó régiókból a további feldolgozás eredményeként összefüggő területet kapjunk.

Ennek elérésére a következőket kell végrehajtanunk:

1. Első lépésben minden egyes régióhoz egy egyedülálló azonosító számot rendelünk.
2. Második lépésben, ha egy régió kisebb, mint a kép méretének 1%-a, akkor összevonjuk a vele szomszédos, nála nagyobb, leghosszabb közös határral rendelkező régióval.

Ez teszi lehetővé, hogy a képet manipulálni lehessen, mint régiókból álló csoportot.

A regionalizálás előkészítésekor megtörténik a küszöbölés eredményeként kapott összefüggő területek beazonosítása, ekkor minden egyes ilyen területhez egy egyedi azonosítót rendelünk, meghatározzuk a képpontjainak számát, a közvetlen elérés érdekében elraktározzuk egy pontjának koordinátáit, továbbá végrehajtjuk az egymással szomszédos régiók felderítését és regisztrálását. Jelen pillanatban ezek az adatok szükségesek a szomszédos régiók logikai összevonásához.

Az egyesítés során azoknak az egymással szomszédos régióknak az összevonása történik meg, amelyek teljesítik a második pontban megadott feltételeket, vagyis ha egy régió mérete kisebb, mint a kép méretének 1 %-a és az aktuális szomszédsági távolságot figyelembe véve rendelkezik szomszédokkal, akkor azzal a nála nagyobb méretű szomszédjával egyesítjük, amely esetében a leghosszabb közös határral rendelkeznek. Ezt a vizsgálatot iteratívan végrehajtjuk minden egyes régióra addig, amíg van két olyan régió, amit össze tudunk vonni.

Az egyesítéskor megtörténik az adatok aktualizálása:

- a képpontok számának új értéke a régiók összege lesz
- a szomszédos régiók összeadódnak és az összegükből töröljük az egymásra történő hivatkozásokat
- a két régió eddigi belső pontjait egy vektorba helyezzük
- az azonos régiókat eltávolítjuk együttesen egy vektorba

Mivel eredetileg a szomszédsági viszony nem került definiálásra, így a fejlesztés elején két régiót abban az esetben tekintetem szomszédosnak, ha köztük a maximális távolság egy képpont, ekkor létezett a háttérpontoknak egy olyan sorozata, amely a két régió között helyezkedett el. Azonban ez nem volt megfelelő, mert bizonyos esetekben nem lett összevonva minden olyan régió, amely – általunk láthatóan - az eredeti képen az anyajegy területén helyezkedett el. A minél jobb eredmény elérése érdekében úgy kellett

megváltoztatni az eljárást, hogy annak bármilyen pozitív egész szám paraméterül adható legyen, vagyis bármilyen távolsággal képes legyen számolni. Ez a változtatás lehetőséget ad arra, hogy a feldolgozás eredményességének érdekében azt a távolságot, amin belül két régiót szomszédosnak tekintünk, akár dinamikusan is meg tudjuk határozni.

A program gyorsítása érdekében kihasználtam a nyelv adta lehetőségeket. Az összevonások alkalmával, amikor egy ilyen – két régió összevonásával keletkezett – régió adatait több helyen kell eltárolni, akkor ezeken a pontokon célszerű ugyanazt az objektumot elhelyezni. Ennek következtében, ha a régióknak, mint objektumoknak bármely adatát változtatni fogom a későbbiekben, akkor ezt a változtatást elegendő egy helyen végrehajtani és minden olyan helyen látható lesz, ahol ez az objektum be lett jegyezve.

A módszer célja az, hogy ne kelljen minden egyes változtatás alkalmával az ide tartozó régiók bejegyzéseit megkeresni és aktualizálni, hanem e helyett legyen elegendő az adatokat csak egyetlen helyen megváltoztatni, és a változás eredménye minden egyes helyen látható legyen. Példaként tegyük fel, hogy össze kell vonnom két olyan régiót, amelyek esetében korábban már történt ilyen összevonás. Ekkor elegendő annyit tennem, hogy az összevonás eredményeként létrejövő változásokat az első régiót reprezentáló objektumban bejegyzem, és ezt az objektumot eltárolom minden helyen, ahol eddig a második volt.

A módszer gyakorlati haszna abban látható, hogy nem szükséges megkeresni az első objektum korábbi bejegyzéseit, mert ezeken a pontokon a rendszer valójában nem az objektumot, hanem csupán annak azonosítóját tárolja, ami a feldolgozás során nem változott meg. Ilyen módon csökkenthető az adminisztráció ideje, mivel a program ezen pontján csak a második objektumot reprezentáló bejegyzéseket kell helyettesíteni az elsővel.

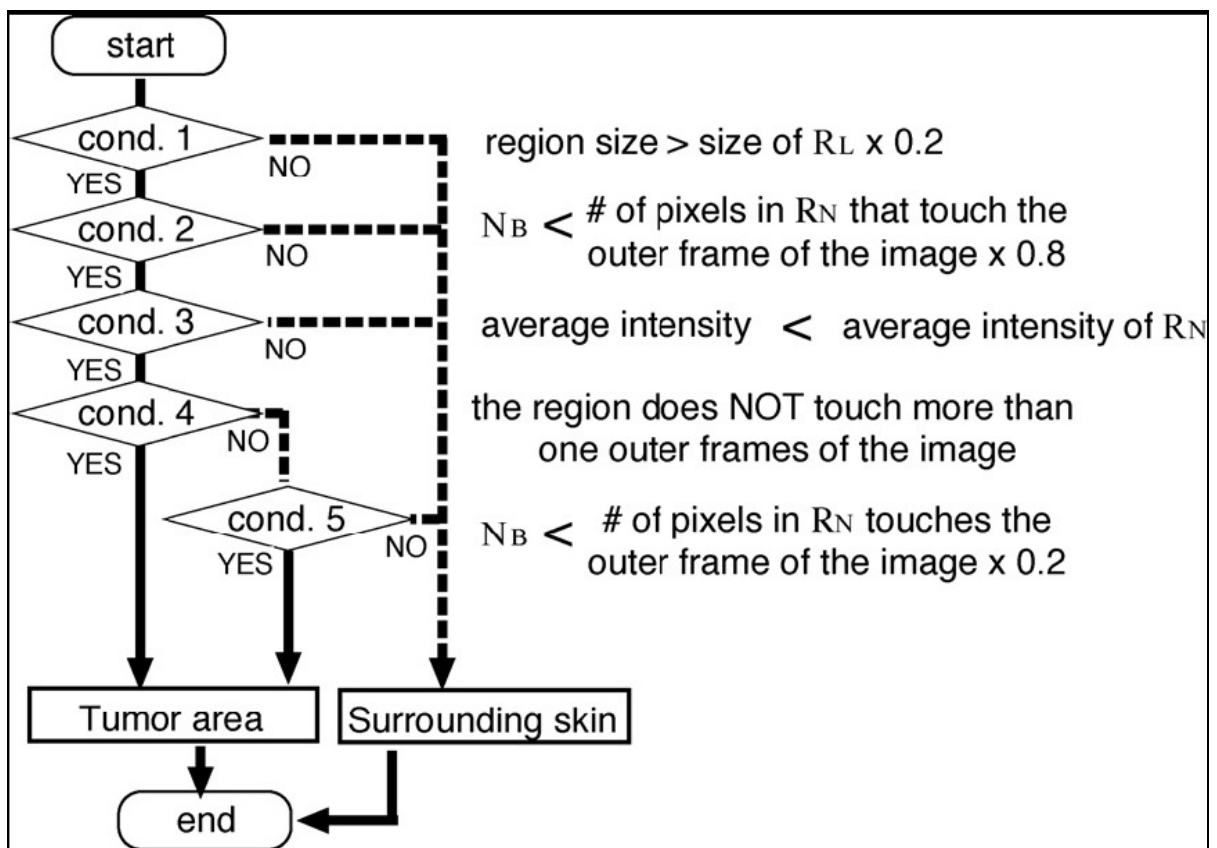
### **4.1.3. Az anyajegy területének kiválasztása**

Az anyajegy területének meghatározása a szegmentált régiók területeinek kiválasztásával történik. Iyatomi és társai miután szakértő bőrgyógyászokkal konzultáltak, ennek eredményeként egy feltételrendszert állítottak fel, amelyet 2000 dermatoszkópiai fénykép segítségével igazoltak. A feltételrendszert a 8. ábra szemlélteti. Az eljárás célja, hogy eltávolítsa a nem kívánt környező árnyék területeket, amelyek a fényképek készítésekor jöttek

létre és a küszöbölés során megjelenítésre kerültek. Azok a régiók tartoznak az anyajegyhez, amelyek teljesítik az összes itt megadott feltételt. A többi régió pedig törlésre kerül, ezek esetén van legalább egy olyan kritérium, amelyet nem tudtak teljesíteni.

Az illusztráció jelölései a következők:

- $R_L$ : a legnagyobb régió
- $R_N$ : a kép külső keretével leghosszabban határos régió
- $N_B$ : a kép külső keretével érintkező régiók pixeleinek a száma



8. ábra. Az anyajegy területének kiválasztását segítő szempontrendszer [Iyatomi 2008]

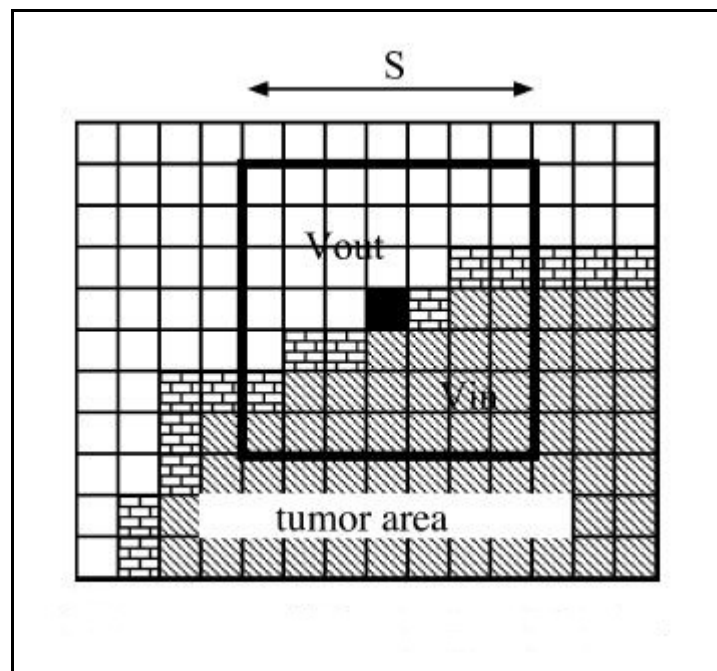
A kritériumokat nem teljesítő régiók törlése két ütemben történik, az első törlés a második feltétel tesztelése után történik meg, a második törlés pedig az ötödik feltétel vizsgálatát követően.

Azért kell ilyen módszerrel eltávolítani a nem kívánatos régiókat, mert a harmadik pontban a kiválasztás az átlagos intenzitás alapján történik és a feldolgozás gyorsabban végrehajtható, ha az aktuális képen már csak azok a régiók szerepelnek, amelyeket fel kell dolgozni.

Az eljárás célja, hogy kiválassza az anyajegyhez tartozó régiót vagy régiókat. A végrehajtás során törlésre kerülnek az anyajegy körülvevő bőrhöz tartozó régiók, amelyek a küszöbölés eredményeként jöttek létre.

#### 4.1.4. Régió-növelés

A bőrgyógyászokkal együtt végzett munka során kiderült, hogy a bőrgyógyászok által meghatározott terület többnyire nagyobb, mint a számítógépes metódusok által kiválasztott. Ennek a fázisnak a célja az, hogy a határt közelebb vigye a bőrgyógyászok által meghatározotthoz. A metódus kiterjeszti az anyajegy területét annak határvonala mentén egy  $S \times S$  méretű négyzet segítségével, amit a 9. ábrán láthatunk, ahol  $S = 7$ . Ez az érték a kísérletezések eredményeként jött létre és bármilyen felbontás esetén jól használható.



9. ábra. A régiónövelő algoritmusban használt jelölések [Iyatomi 2008]

A képen található jelölések:

- $V_{in}$  az anyajegy területének belső része
- $V_{out}$  az anyajegy területén kívüli rész
- $V_{in}$  és  $V_{out}$  közötti téglalakú jelölés az anyajegy külső pixeleit jelöli
- a fekete négyzet az ablak középpontja

A négyzet középpontját a kiterjesztendő régió szélső pontjaira helyezzük, ezek mentén végezzük el a kiterjesztést. Ha az  $S \times S$  méretű ablakban a külső és belső pixelekhez tartozó színek hasonlóak, akkor a vizsgált terület minden képpontját belő pontként az anyajegyhez kapcsoljuk. A bővítést akkor végezzük el, ha a következő feltétel teljesül:

$$V_{in} \times \xi_{min} \leq V_{out} < V_{in} \times \xi_{max}$$

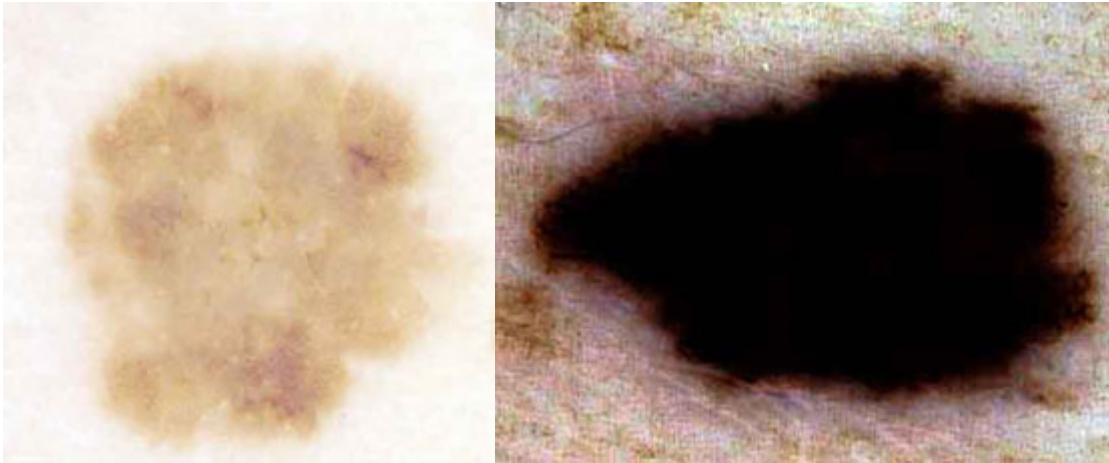
Ezt a tesztet minden egyes határpontra végrehajtjuk.

Az eljárás megnöveli az anyajegy területét és a határvonalát újradefiniálja. Iteratívan addig ismételjük, amíg az anyajegy mérete változatlan nem marad, más szóval akkor fejeztetjük be a terület növelését, amikor az anyajegy mérete állandósul.

A paraméterek értéke:

- $\xi_{min} = 1.06$
- $\xi_{max} = 1.4$

A  $\xi_{min}$  és  $\xi_{max}$  a belső és külső pontok színeinek egymáshoz viszonyított megengedett eltérését jelölik. Ezeknek a paramétereknek az általam választott értékei eltérnek a dokumentumban megadottól. Az új értékek a kísérletezés során kerültek megállapításra. Az eredeti értékek a következők voltak:  $\xi_{min} = 1.02$  és  $\xi_{max} = 1.07$ . Mivel ezekkel az értékekkel nem működött megfelelően a program, így meg kellett változtatni őket. Az új paraméterekkel olyan képekre is megfelelő választ ad a szegmentáló, amelyekre az eredetiekkel nem volt képes. Ilyenek például a 10. ábrán látható képek, amelyeknél az anyajegy és a környező bőr területének a színe vagy nagyon kicsi vagy nagyon nagy mértékben tér el egymástól. Ezeknek a jellemzőknek eleget tesznek a következő képek is, ahol az első kép túl világos, a második túl sötét.



(a) az eltérés túl kicsi

(b) az eltérés túl nagy

**10. ábra.** Az új értékekkel sikeresen szegmentálható képek. [Poorimage]

## 4.2. A sikeres szegmentálás feltételei

Fontos, hogy ezek a képek teljesítsék a következő feltételeket:

- a) Az anyajegy területe nem érintheti a kép keretét.
- b) Nem lehet része akrális testrésznek, mint az ujjak, a fülek és az orr, vagy nyálkás területnek, mint például a szájpadrás vagy a szemhéj belső felülete.
- c) A képen nem szerepelhet túl sok szőr.
- d) A kép szélén nem keletkezhet árnyék.

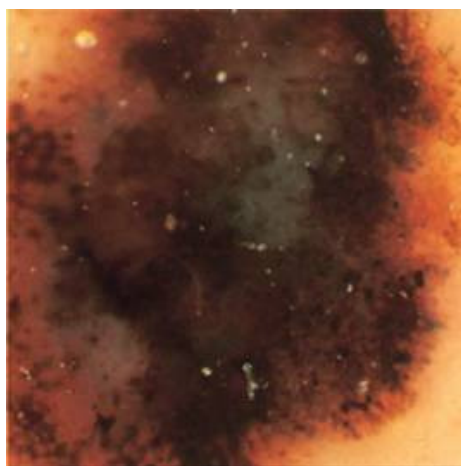
Ezeknek a feltételeknek a betartása szükséges ahhoz, hogy biztosítsuk a határ pontos meghatározását és a jellemzők megbízható kiválasztását. Nem megfelelő képekre mutat példát a 11. ábra.

Az első feltétel betartása azért fontos, mert ha a legnagyobb régió  $R_L$  érinti a lép keretét, akkor az anyajegy területének kiválasztásakor megadott feltétek miatt törlésre kerül. Ennek következtében hibás képet kapunk eredményül.

A második eset akkor következik be, amikor az anyajegy az ujjakon, a füleken, az orron vagy valamilyen nyálkahártyán található. Ezekben az esetekben nem készíthető olyan fénykép, amin a szegmentálás megfelelő eredményt adna.

A harmadik feltétel azért szükséges, mert az első fázisban a küszöbölés által meghatározott értéknél sötétebb színű pixelek kerülnek kiválasztásra, így a szőrszálak is szerepelni fognak az itt kapott eredményképen. Mivel ezek az esetek nagy részében érintik a kép szélét, így a megadott feltételek teljesülése esetén törlésre kerülnek az anyajegyhez tartozó régiót jelölő pixelek is.

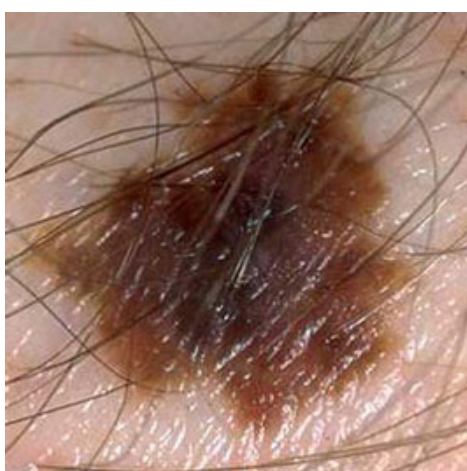
A kép szélén létrejövő árnyék a szegmentálás folyamatának már az első pontjában a küszöbérték hibás kiválasztását eredményezi, aminek következtében nem megfelelő eredményt kapunk. A helytelen küszöb miatt a képen nem csak az anyajegy kerül kiválasztásra, hanem a kép szélén látható sötét terület is.



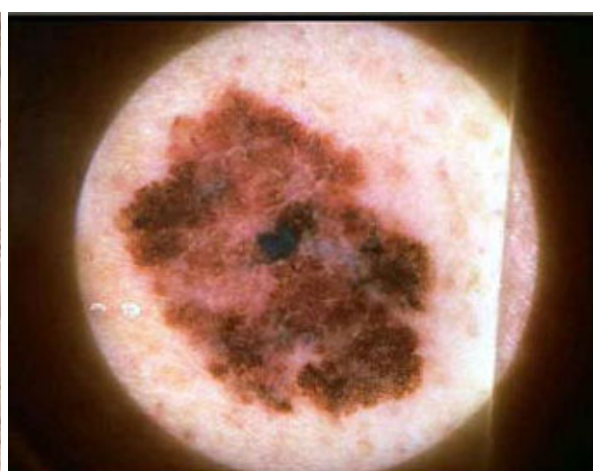
(a)



(b)



(c)



(d)

**11. ábra. Példák a szegmentálási kritériumoknak nem megfelelő képekre.**

### 4.3. Az alkalmazás fejlesztési lehetőségei

Az általam létrehozott implementáció a tesztelések során kielégítő eredményeket szolgáltatott, azonban további fejlesztésekkel kiküszöbölhetők a dermatoszkópiai képek készítése során létrejövő hibák. Ezeknek a kezelésével a jelenleg is hatékony algoritmus még pontosabbá és megbízhatóbbá tehető.

Ilyen hibák lehetnek a következők:

- Az eredeti kép mérete túl kicsi
- A képet úgy készítették el, hogy a tumor túlságosan közel került a kép széléhez
- A végeredményben kapott régió az orvosok által megadotthoz hasonló méretű, ám bizonyos részei nem kerültek kiválasztásra

A feldolgozott képek mérete 768\*512. Ha az eredeti kép mérete ehhez képest túlságosan kicsi, akkor a nagyításkor pixelesé válhat. Ekkor nagy méretű területek színértéke azonos lesz, aminek következtében a régió méretét növelő algoritmus korán megáll és így nem a megfelelő területet fogja kijelölni. A korai megállás oka az, hogy a régió területét növelő algoritmusban használt  $S \times S$  méretű ablakban lévő külső és belső pixelek színértékei annyira közel lesznek egymáshoz, hogy a növelés feltétele már nem fog teljesülni, így a vizsgált terület külső pontjait nem csatolja a régióhoz.

A második eset akkor fordul elő, amikor a képet úgy készítették, hogy a rajta lévő anyajegy vagy tumor nagyon közel került a kép széléhez. Előfordulhat, hogy az Ostu küszöbölés eredményeként a kép szélén olyan régió keletkezik, amely szomszédos az anyajegy jelölő régióval. Ennek következtében a megadott feltételek teljesülésekor hozzákapcsolható az anyajegyhez tartozó régió, így az anyajegy területének kiválasztása során ez az egyesített régió törlésre kerül.

A rendelkezésre álló képek egy részén megfigyelhető ez a probléma, így a sikeres szegmentálás érdekében szükségszerű volt a megoldás megvalósítása. A régiók összevonásakor figyelemmel kell kísérni, hogy mely két régiót akarom összevonni. Ha a két

régió egyike a legnagyobb régió és a másik pedig egy, a kép szélét érintő régió, akkor nem vonjuk össze őket.

A harmadik eset akkor jöhet létre, amikor a program a regionalizációs fázisban olyan kisebb régiót vagy régiókat nem kapcsolt hozzá az anyajegy jelképező régióhoz, amelyek hozzá tartozóak lennének, de a megadott feltételek miatt nem tekintettük őket vele szomszédosnak. Az anyajegy területének kiválasztásakor ezek a kisebb régiók törlésre kerülnek, így nem szerepelnek az eredményként kapott képen.

A probléma egyik megoldása az, ha lehetőség van a szomszédosnak tekinthető régiók közötti legnagyobb távolság megadására. A régiók megfelelőbb összevonásának eléréséért azt a távolságot, amelyen belül a régiókat szomszédosnak tekintjük paraméterezhetővé tettük, eltérve a fejlesztés kezdetén definiált távolságtól.

Az anyajegyhez hozzá tartozó, de vele össze nem kapcsolt régiók problémája ennek a módszernek a segítségével kiküszöbölhető.

## 5. Implementáció

Az előző részekben bemutatott feladatok megoldására készített implementáció megvalósítása Java programozási nyelven történt, NetBeans fejlesztő rendszert használva. A fejlesztéshez a NetBeans 6.8-as és a JDK 1.6-os verzióját használtam.

### 5.1. A program fejlesztésének szempontjai

Tekintettel arra, hogy képfeldolgozásról van szó, a fejlesztés során lényegesnek tartott szempont, hogy a megvalósítandó program gyors legyen, vagyis a kapott képet minél rövidebb idő alatt képes legyen feldolgozni.

A gyorsaságnál még fontosabb szereppel rendelkezik a megbízhatóság és a pontosság. Mivel a szoftver főként bőrgyógyászok számára készül, így orvosi vizsgálatok során kerül alkalmazásra, ezért a gyorsaságnál jóval fontosabb jelentőséggel bír a pontosság és a megbízhatóság.

A fejlesztés során célunk egy olyan szoftver létrehozása, amely a lehető legeredményesebb és legmegbízhatóbb módon dolgozik.

### 5.2. A megvalósítás

A szegmentáló implementálása Java nyelven történt, öt osztály létrehozásával, ahogy ez a 12. ábrán is látható.

A Vezerlo osztály:

Tartalmazza a main metódust, ami a program futását irányítja, egy areaExtraction nevű eljárást, amely a szegmentálásért felelős, továbbá egy listDirectory nevű függvényt, aminek a feladata egy elérési út által megadott mappa és esetleges almappái által tartalmazott jpg, bmp, png, és gif formátumú képek neveinek kilistázása. Ezeken kívül tartalmaz még egy függvényt a feldolgozás idejének mérésére és egyet az elérési út helyes megadására.

A feldolgozás első lépésében megtörténik az anyajegyeket tartalmazó mappa képeinek kilistázása, majd minden egyes képre meghívjuk a szegmentálást végző areaExtraction eljárást, amely az eredményként kapott képek mentéséről is gondoskodik. A szegmentálási idő kiírása minden egyes kép feldolgozását követően megtörténik, továbbá a teljes időtartam az utolsó kép szegmentálását és mentését követően kerül megjelenítésre.

A MatrixKep osztály:

Ez az osztály tartalmazza a beolvasott képet egy mátrix formájában, ennek szélességét, magasságát, a kezdeti terület meghatározása során létrejövő régiókat és többek közt a szegmentálás lépéseit megvalósító metódusokat. A teljes program működését tekintve ez az osztály vállalja a legnagyobb szerepet, mert a szegmentálás lépéseit megvalósító függvények itt kerültek implementálásra.

Ilyen függvények:

- GaussFilter
- LaplaceFilter
- otsuProcess
- regionalizalas
- tumorTerulet
- területNoveles

A GaussFilter végzi a kép elmosását, annak készítésekor keletkezett hibák eltüntetését.

A LaplaceFilter segítségével történik meg az első küszöbölés, ahol az általa visszaadott értékek felső 20%-ához tartozó képpontok kerülnek kiválasztásra.

Az otsuProcess az előző lépésben kiválasztott képpontokra számolja a második küszöbértéket. Az itt végrehajtott küszöbölés eredményeként kapjuk a kezdeti területet.

A regionalizalas nevű eljárás három fő részre osztható.

Az első rész során történik meg az előző lépés eredményeként kapott területek beazonosítása, amikor egy egyedülálló azonosítóval látjuk el őket, meghatározzuk egy belső pontjuknak koordinátáit és képpontjaik számát, majd a létrehozott régiókat egy hashtáblában tároljuk.

Ezt követi a szomszédok felderítése, aminek paraméteréül megadható az a szám, amit két szomszédos régió közötti legnagyobb távolságnak tekintünk. A szomszédsági adatok tárolására a Regio osztály szomszedosRegiok nevű hashtáblája szolgál.

A harmadik részben összevonjuk azokat a régiókat, amelyek teljesítik az összevonási feltételeket. Igyekeztem kihasználni a programozási nyelv adta lehetőségeket, az összevonások alkalmával bekövetkezett változásokat a két objektum egyikében jegyeztem be és ezt az objektumot helyeztem el mindenhol, ahol a másik korábban már bejegyzésre került. Ezzel a módszerrel kevesebbszer kell kikeresni és cserélni a tábla egyes elemeit.

A tumorTerulet nevű eljárás feladata azoknak a régióknak a kiválasztása, amelyek az anyajegyhez tartoznak. Az előző módszerhez hasonlóan ez is több részre osztható. Az első lépésben megtörténik a legnagyobb régió, a szélső régiók és a kép szélével leghosszabban határos régió kiválasztása. Azért van szükségünk ezekre, mert a 8. ábrán látható feltételrendszer szorosan kapcsolódik hozzájuk.

A feltételrendszer első pontjában a törlendő régiókhoz adjuk azokat, amelyek mérete kisebb vagy egyenlő, mint a legnagyobb régió pixeleinek 20%-a. A második pontban a törlendő régiókhoz kerülnek azok a szélső régiók, amelyeknek elemszáma nagyobb vagy egyenlő, mint a kép szélével leghosszabban határos régió kép keretével érintkező pixeleinek a 80%-a. Az eljárás ezen pontján kerülnek törlésre az arra kijelölt régiók, mert a következő feltétel az átlagos intenzitást veszi figyelembe és a törlés után kevesebb régiót kell feldolgoznunk.

A harmadik pontban azokat a régiókat jelöljük ki törlésre, amelyek átlagos intenzitása nagyobb vagy egyenlő, mint a legnagyobb régióé. A negyedik pontban pedig azokat, amelyek a képnek több, mint egy oldalával érintkeznek, de ezek közül csakis azokat fogjuk törölni, amelyeknek a kép keretével érintkező pixeleinek száma nagyobb vagy egyenlő, mint a legnagyobb szélső régió pixeleinek 20%-a. Ekkor, az ötödik feltétel tesztelését követően végezzük el a kijelöltek törlését, amit nem csak a képen, hanem a felhasznált hashtáblában is végrehajtjuk.

A területNoveles az előző eljárás eredményeként megmaradt régió vagy régiók határa mentén terjeszti ki azt vagy azokat, egy  $7 \times 7$  –es méretű négyzet segítségével. A négyzet a 9. ábrán látható, középpontját a kiterjesztendő régió szélső pontjaira helyezzük, ezek mentén végezzük el a kiterjesztést. Ha az ablakban a külső és belső képpontok hasonlóak, akkor a négyzet

minden pontját belső pontként az anyajegyhez kapcsoljuk. A növelést mindaddig folytatjuk, amíg újabb képpontokat tudunk az anyajegyhez kapcsolni, vagyis amíg annak területe változatlan nem marad.

Az eljárás utolsó részében egy utófeldolgozás történik, amely során eltávolítjuk az anyajegy belsejében maradt lyukakat.

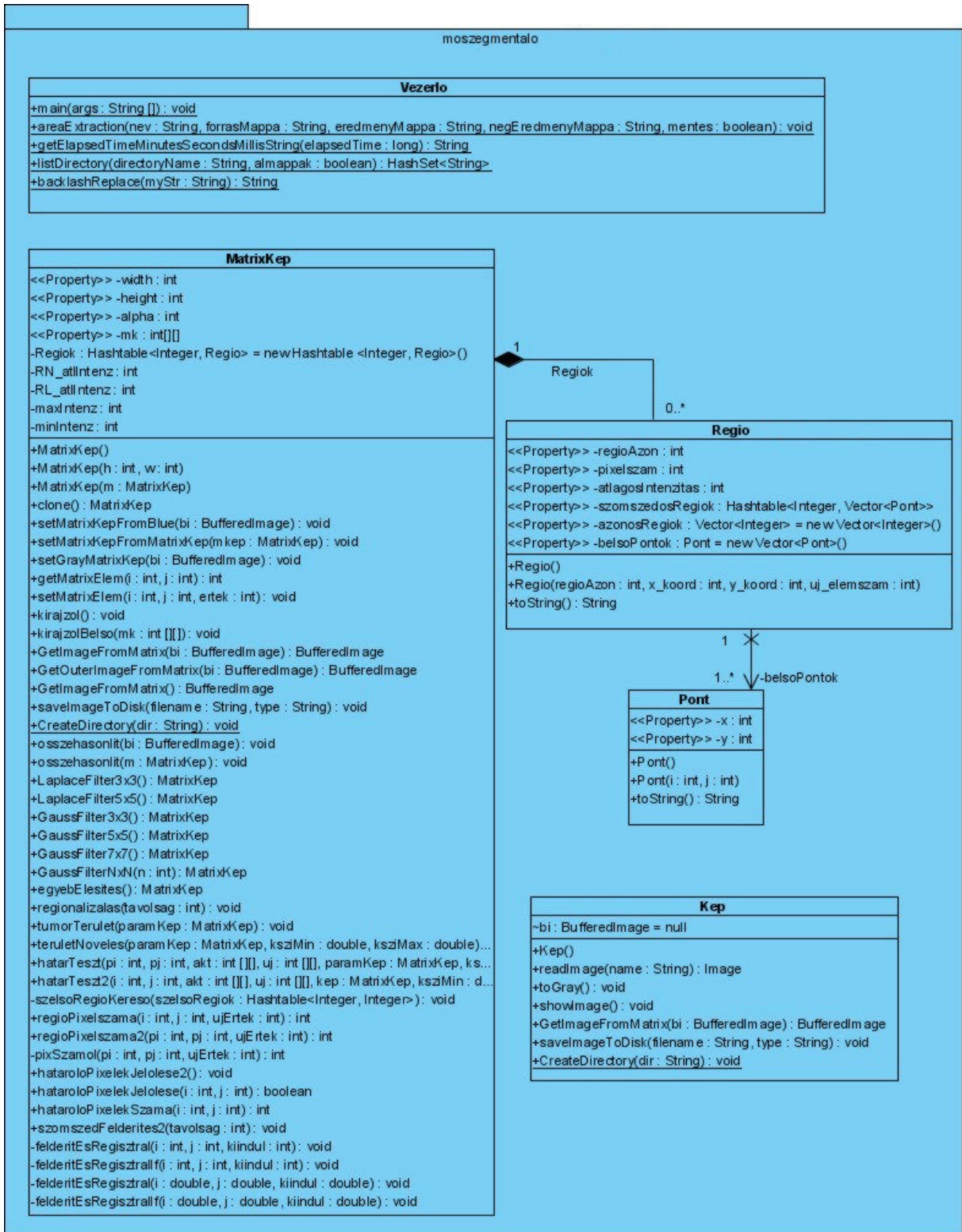
A `MatrixKep` osztály ezeken kívül még sok metódust tartalmaz, amelyeknek egy része az előbb bemutatott függvények és eljárások elődei, másik részük pedig a részeredmények ellenőrzésére, megjelenítésére és kiírására szolgál.

A `Regio` osztály tartalmazza a régiók adatait tároló adattagokat és ezek beállító és lekérdező metódusait. Adattagok a `regioAzon`, `pixelszam`, `atlagosIntenzitas`, `szomszedosRegiok`, `azonosRegiok`, és a `belsőPontok`. A `regioAzon` tartalmazza a régió azonosítóját, a `pixelszam` a pixelek számát, az `atlagosIntenzitas` a pixelek átlagos intenzitását. A `szomszedosRegiok` egy hashtábla, ami egy régióazonosítót és az adott régióval köztes pontokat tartalmazza. Az `azonosRegiok` tartalmazza azoknak a régióknak az azonosítóját, amelyek a regionalizálás során összevonásra kerültek, a `belsőPontok` pedig minden egyes ilyen összevont régió egy-egy belső pontját foglalja magába.

A `Pont` osztály segítségével reprezentálok egy ilyen belső pontot, a két koordinátát tartalmazó adattag található meg benne, ezek beállító, lekérdező metódusai és az osztály konstruktorai.

A `Kep` osztály egy `BufferedImage`-t tartalmaz, ebbe történik a file elsődleges beolvasása. Az osztályban implementált metódusok is ehhez a funkcióhoz tartoznak.

A `readImage` függvény a kép beolvasására, a `showImage` a megjelenítésére, a `saveImageToDisk` a mentésére szolgál. A `toGray` segítségével szürkeskálás képet jeleníthetünk meg. A `getImageFromMatrix` függvényt a `saveImageToDisk` –ben használjuk kép előállítására. A `CreateDirectory` pedig a mentés céljaként megadott mappa létrehozására szolgál, abban az esetben fut le, ha ez a mappa nem létezik.



12. ábra. Osztálydiagram

## 6. A rendszer bemutatása

A diplomamunkámban bemutatott szegmentáló egy teljes melanóma diagnosztizáló rendszer alapját képezi.

A rendszer működése a következő:

Ha egy regisztrált felhasználó feltölt egy képet, megtörténik a szegmentálás és ennek az eredményét teszteli egy diagnosztizáló program, aminek az a feladata, hogy a kapott képről eldöntse, hogy azon anyajegy vagy melanoma látható. Az adatbázisba kerül mentésre az eredeti kép és a hozzá tartozó adatok, mint az elkészített diagnózis és az érték, ami megmutatja, hogy az anyajegy mekkora valószínűséggel mondható rosszindulatúnak.

Célunk egy megbízható, hiteles és mindenki számára elérhető rendszer létrehozása. A melanóma detektáló rendszer elsősorban orvosok számára kerül kifejlesztésre, aminek a segítségével a bőrgyógyászat területén csekély tapasztalattal rendelkező orvosok is pontos diagnózist készíthetnek, illetve lehetőséget nyújthat a speciális esetek több orvos által történő megvitatására is. További fejlesztéssel elérhető a klinikai nyomon követés támogatása is, aminek egyik eszközéül egy háromdimenziós testmodell szolgál majd.

Az orvosokkal történő együttműködés megvalósítását követő lépcső a melanóma diagnosztizáló rendszer általánosan elérhetővé tétele, aminek feltétele a pontos, megbízható működés és hogy a rendszer felhasználóbarát legyen.

### 6.1. Osztályozó létrehozása

A fejlesztés során célszerű egy osztályozó létrehozása, amely segítségével mind a szegmentálás algoritmus, mind a szegmentált képen látható anyajegy diagnosztizálása hatékonyabbá, pontosabbá tehető. Ehhez nagy mennyiségű dermatoszkópiai képet kell összegyűjteni [Iyatomi 2008].

A diagnosztizáló feladata annak eldöntése, hogy a szegmentálás után kapott képen anyajegy vagy melanóma szerepel-e. A kép feldolgozása során olyan jellemzőket, sajátosságokat választ

ki a képről, amelyeket összevetve az ABCDE szabályrendszerrel eldönthető, hogy anyajegyvel vagy melanomával van-e dolgunk.

Az osztályozó működése ehhez hasonló, mivel az ABCDE szabályok figyelembevételével dolgozik, de a feladata az anyajegyek csoportokba sorolása egyes jellemzőik alapján. Ilyen sajátság lehet például a szegmentálás eredményeként kapott képen található régió szimmetriájának tesztelése, a határvonal struktúrájának mérése vagy a színek eloszlásának detektálása. [Iyatomi 2008 Classifier]

A leggyakoribb esetek sikeres szegmentálását és osztályozását követően koncentrálni kell a speciális esetekre, amelyek csak ritkán fordulnak elő. Egy ilyen rendszer valós hitelessége és minősége az alapján is mérhető, hogy az igazán ritka eseteket - azokat a megjelenési formákat, amelyekkel a tapasztalt bőrgyógyászok is csupán elvétve találkozhatnak - képes-e szakértő módon szegmentálni és diagnosztizálni.

## **6.2. Webes alkalmazási lehetőségek**

Egy alkalmazás életciklusában fontos lépés annak elérhetővé tétele. Iyatomi és társai [Iyatomi 2008] az által, hogy nyilvánossá tették rendszerüket, nagy mennyiségű dermatoszkópiai képhez jutottak és még egyszerűbbé vált az új orvosok munkába történő bevonása.

### **6.2.1. Orvosok bevonása**

A webes rendszer előnyeikhez tartozik a könnyű és gyors elérhetőség, továbbá módot ad a kutatásba jelentkező orvosok felkészültségének mérésére is. Ennek egyik legegyszerűbb módja, ha az orvosnak a szegmentálást és az anyajegyek osztályozását nem egy megbeszélthelyen, előre egyeztetett időpontban kell elvégeznie, hanem szabadon, saját idejéhez mérten teheti meg mindezt akár az otthonában, a számítógépe előtt ülve.

Iyatomi és társai [Iyatomi 2008] által létrehozott weboldalon az orvosok az előzetes regisztrációt követően több mint száz képet kapnak. Ezeket miután elvégezték a kiértékelést, elérhetővé teszik számukra azt az oldalt, amelyen keresztül összehasonlíthatják az eredményeiket a rendszerben tároltakkal.

Egy ilyen weben elérhető alkalmazás remek lehetőséget nyújt a képek adatbázisának növelésére és az orvosok felkészültségének mérésére, továbbá kiváló eszköz a kirívóan ritka esetek szakértők által történő véleményezésére.

### **6.2.2. A felhasználók számára elérhető változat nyilvánossá tétele**

Mivel a rendszer létrehozásának célja a melanóma korai stádiumban történő detektálása, ezért szükséges az alkalmazás webes környezetben történő elérésének biztosítása.

Fontos, hogy a felhasználók feltölthessék a dermatoszkópiai képeket és a hozzájuk tartozó klinikai adatokat. A képek és a klinikai adatok feltöltése után a program elvégzi a szegmentálást, az így kapott képen karakterisztikát számol, majd ezek kiértékelése után közli az eredményt. Ezt követően regisztrálja az adatbázisba a feltöltött képet, a hozzá tartozó klinikai adatot és az elkészített diagnózist.

Az így nyert adatok felhasználásával lehetőség adódik a rendszer pontosítására, egészének továbbfejlesztésére.

Iyatomi és társai [Iyatomi 2008] miután megnyitották a rendszerüket a közönség számára, felismerték, hogyan tehetnék azt még praktikusabbá:

- bővíteni kell a képek adatbázisát egy pontosabb osztályozó létrehozásához
- a tumor területét meghatározó algoritmust még továbbfejleszteni
- diagnosztikailag még meghatározóbb sajátságokat kinyerni
- létrehozni egy hatékonyabb osztályozó modellt
- csökkenteni a rendszer válaszidejét

### **6.3. Háromdimenziós testmodell alkalmazása**

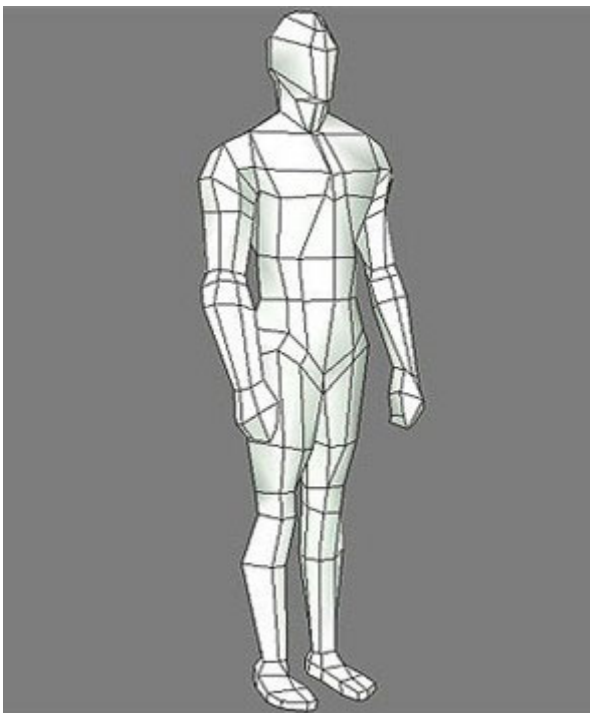
Az anyajegyek változásait figyelve következtethetünk arra, hogy melyik anyajegy milyen fokú kockázatot rejt magában. A nyomon követés nagyon fontos szereppel rendelkezik, főleg azok számára, akiknek a családjában már több eset is előfordult, mert ők fokozott veszélyben vannak. Lényeges egy olyan eszköz létrehozása, amely megkönnyíti és felgyorsítja a

nyomkövetést, valamint lehetőséget nyújt a változások minél hosszabb időtartamra történő visszavezetésére.

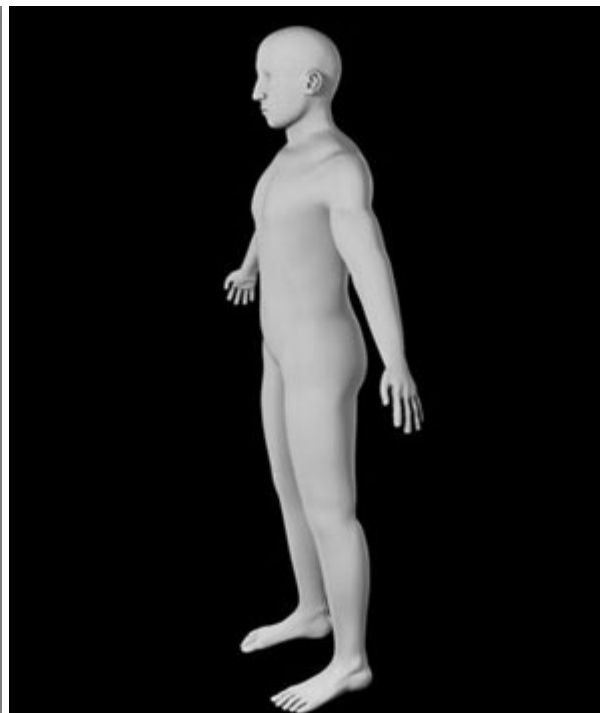
Ezen okok miatt célunk egy háromdimenziós testmodell létrehozása, amely még pontosabb megfigyelést tesz lehetővé. A modell segítségével lehetővé válna a melanóma felismerésének szempontrendszerében nagy jelentőséggel bíró tulajdonságok - mint például a szín, alak, forma, határvonal, méret - automatikus, beépített felismerése, és ezeken felül könnyen beazonosíthatóak az újonnan megjelenő anyajegyek.

Előnye a könnyű és gyors visszakereshetőség, amikor nem kell a fényképek között keresni az anyajegyről készült korábbi képeket, hanem a visszakeresés során a rendszer automatikusan felsorolja azokat. A rendszer nem csak a rövid távú, három – hat hónapos megfigyelést segítené, hanem a hosszú távú nyomon követéshez is kiváló eszközt nyújtana.

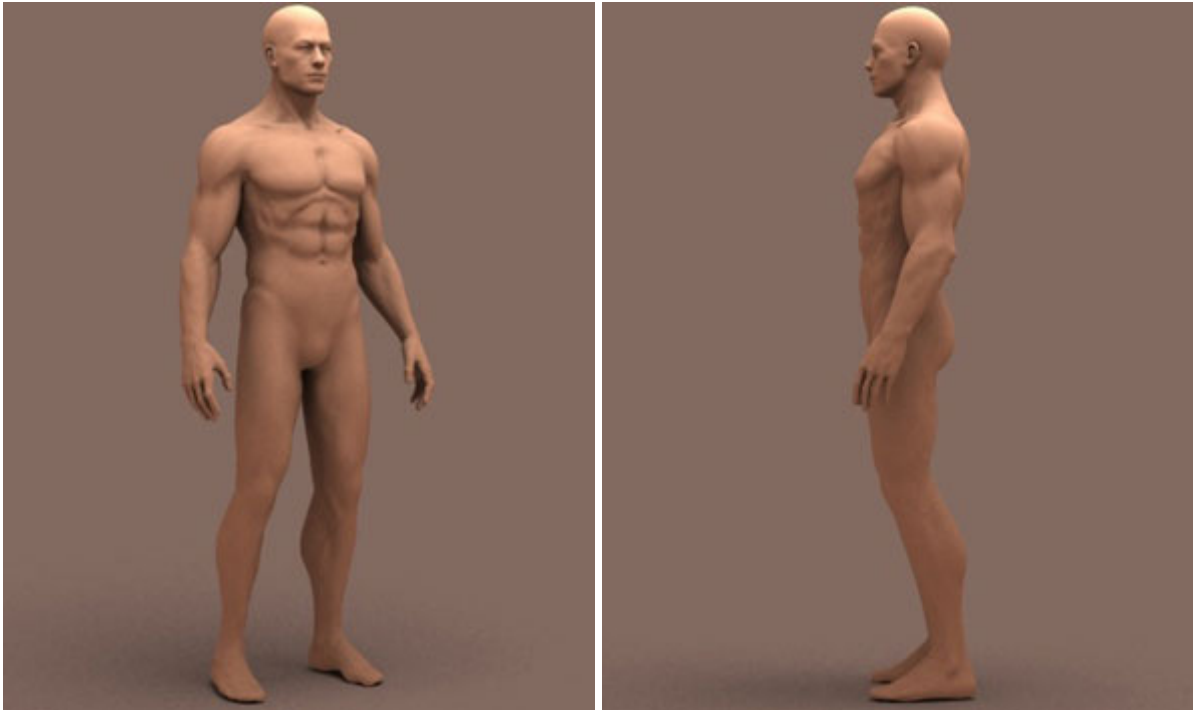
Háromdimenziós testmodellekre látható néhány példa a 13. ábra képein.



(a) drótvázás 3D modell



(b) 3D felületmodell



(c) és (d) színezett, tónusokkal ellátott 3D felületmodell

**13. ábra. Példa 3D-s testmodellre**

A dermatoszkópiai képeken látható anyajegyek könnyen elhelyezhetők a háromdimenziós testmodell felületén és megkeresésük is jóval egyszerűbb, mint egy hagyományos adatbázis esetén. Használatának legnagyobb jelentősége, hogy kiváló eszközt nyújthat a klinikai nyomon követés megvalósításához.

## 7. Összefoglalás

A rosszindulatú melanóma előfordulása az elmúlt évtizedekben világszerte fokozatosan növekedett. Az előfordulások száma megduplázódott és gyorsabban növekszik, mint bármely más rák esetén. Kritikus a korai detektálás, mert a fejlett rosszindulatú melanóma gyakran gyógyíthatatlan, de korai stádiumban számos esetben gyógyítható. Mivel a bőrgyógyászati diagnózis gyakran szubjektív, ezért tapasztalatlan bőrgyógyászok esetében rossz reprodukálhatósággal és alacsony pontossággal rendelkezik.

A diagnosztizálásban jelentős problémát okoz, hogy nehéz megkülönböztetni a korai állapotú melanómát az anyajegytől. Ennek megoldásaként az ABCDE szabályokat hozták létre, amelyek segítségével a rosszindulatú elváltozások időben felismerhetők.

A diagnózis pontosságát nagymértékben meghatározza az anyajegy területének minél pontosabb megadása. Ezért kell kifejleszteni egy olyan terület meghatározó algoritmust, amely által megadott eredmény hasonló a bőrgyógyászok által meghatározotthoz.

Diplomamunkámban a melanóma felismerésének módszerével foglalkoztam és egy olyan programot mutattam be, amely célja, hogy egy anyajegyről készített képen egy tapasztalt bőrgyógyászhoz hasonlóan különítse el az anyajegyet a környező bőr területétől. Ez az alkalmazás egy nagyobb rendszer része, amelynek célja, hogy segítse a rosszindulatú daganatok kiszűrését.

A megvalósítás alapjául a Dermatologist-like tumor area extraction algoritmust választottuk, mert a korábbi kimutatások eredményei arra mutattak rá, hogy kellően hatékony és jó lehetőségeket rejt magában. A fejlesztés során az implementáláson túl sikerült javítani az algoritmus hatékonyságán.

A kezdeti terület meghatározásakor sikerült pontosabb kiválasztást elérni, aminek lényeges következménye a jobb eredmény mellett a feldolgozási idő csökkentése is.

A regionalizációs fázisban a régiók összevonásának felügyeletével óvtuk meg az anyajegy területén található régiót. A módszer lényege, hogy ezt a régiót nem engedi összevonni egyetlen olyan régióval sem, amely érinti a kép szélét. Abban az esetben, ha mégis történne

ilyen összevonás, akkor a következő lépésben az anyajegy területén található régió is eltávolításra kerülne.

Továbbá a régiók megfelelőbb összevonásának eléréseért azt a távolságot, amelyen belüli régiókat szomszédosnak tekintünk, dinamikussá tettük, így az minden egyes kép esetén más-más értéket vehet fel.

A paramétereinek módosításával a régió területét növelő algoritmus olyan képekre is jól működik, amelyekre eredetileg nem megfelelő eredményeket generált. Az új paraméterekkel a túl sötét és túl világos képeken is megfelelő lesz a kiválasztás eredménye.

A diplomamunkámban bemutatott szegmentáló program egy melanóma diagnosztizáló rendszer alapját képezi, aminek célja a melanóma minél hamarabb történő és minél pontosabb felismerése. A bőrgyógyászok munkájának ilyen módon történő segítségével csökkenthető mind az anyajegyek főlegesen eltávolításainak, mind a melanómával kapcsolatban álló haláleseteknek a száma. A rendszer elsősorban az orvosok munkájának segítésére készül. Eszközöket nyújt a diagnózis felállításához, a klinikai nyomon követéshez és konzultációk megvalósításához.

A tesztképek számát figyelembe véve a program minden esetet feldolgozó teszteléséhez kevés kép állt rendelkezésre, azonban a rendelkezésre álló képeken a program szemmel láthatóan jó eredményt adott. A gyakorlati felhasználás szempontjából a szegmentálás sikeressége jó jelnek tekinthető. A további fejlesztésre felhasználható képek számának növelésével célunk a program még pontosabbá, még megbízhatóbbá tétele.

## 8. Irodalomjegyzék

### Könyvek, cikkek, tanulmányok

- [Argenziano 2003] Argenziano G, Soyer HP, Chimenti S, Talamini R, Corona R, Sara F, et al. Dermoscopy of pigmented skin lesions: results of a consensus meeting via the Internet. *Journal of American Academy of Dermatology* 2003;48(5):679–93.
- [Braun 2005] Ralph Peter Braun, MD, Harold S. Rabinovitz, MD, Margaret Oliviero, ARNP, MSN, Alfred W. Kopf, MD, and Jean-Hilaire Saurat, MD. Dermoscopy of pigmented skin lesions. *J Am Acad Dermatol* 2005;52:109-21.
- [Celebi 2007] Celebi ME, Aslandogan YA, Stoecker WV, Iyatomi H, Oka H, Chen X. Unsupervised border detection in dermoscopy images. *Skin Research and Technology* 2007;13(4):454–62.
- [Celebi 2008] Celebi ME, Kingravi HA, Iyatomi H, Aslandogan YA, StoeckerWV, Moss RH, et al. Border Detection in Dermoscopy Images Using Statistical Region Merging. *Skin Research and Technology* 2008;14(3):347–353.
- [Erkol 2005] Erkol B, Moss RH, Stanley RJ, Stoecker WV, Hvatum E. Automatic lesion boundary detection in dermoscopy images using gradient vector flow snakes. *Skin Research and Technology* 2005;11(1):17–26.
- [Esther de Vries 2004] Esther de Vries, Jan Willem Coebergh. Cutaneous malignant melanoma in Europe. *European Journal of Cancer* 40 (2004) 2355–2366.
- [Ganster 2001] Ganster H, Pinz A, Rohrer R, Wilding E, Binder M, Kitter H. Automated melanoma recognition. *IEEE Transactions on Medical Imaging* 2001;20(3):233–239.

- [Giblin 2006] A. –V. Giblin, J. M. Thomas. Incidence, mortality and survival in cutaneous melanoma. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery* 2007, Pages 32-40
- [Goodson 2009] Agnessa Gadeliya Goodson, and Douglas Grossman. Strategies for early melanoma detection: Approaches to the patient with nevi. *J Am Acad Dermatol* 2009;60:719-35.
- [Iyatomi 2006] Hitoshi Iyatomi, Hiroshi Oka, Masataka Saito, Ayako Miyake, Masayuki Kimoto, Jun Yamagami, Seiichiro Kobayashi, Akiko Tanikawa, Masafumi Hagiwara, Koichi Ogawa, Giuseppe Argenziano, H. Peter Soyer and Masaru Tanaka. Quantitative assessment of tumour extraction from dermoscopy images and evaluation of computer-based extraction methods for an automatic melanoma diagnostic system. *Melanoma Research* 2006, 16:183–190.
- [Iyatomi 2008] Hitoshi Iyatomi, Hiroshi Oka, M. Emre Celebi, Masahiro Hashimoto, Masafumi Hagiwara, Masaru Tanaka, Koichi Ogawa. An improved Internet-based melanoma screening system with dermatologist-like tumor area extraction algorithm. *Computerized Medical Imaging and Graphics* 32 (2008) 566–579.
- [Iyatomi 2008 Classifier] Hitoshi Iyatomi, Hiroshi Oka, M Emre Celebi, Koichi Ogawa, Giuseppe Argenziano, H Peter Soyer, Hiroshi Koga, Toshiaki Saida, Kuniaki Ohara and Masaru Tanaka. Computer-Based Classification of Dermoscopy Images of Melanocytic Lesions on Acral Volar Skin. *Journal of Investigative Dermatology*, Vol.128, pp.2049-2054, 2008
- [Melli 2006] Melli R, Grana C, Cucchiara R. Comparison of color clustering algorithms for segmentation of dermatological images. *Proceedings of the SPIE Medical Imaging* 2006;6144:3S1–19S319.
- [Meyskens 1998] Meyskens Jr FL, Berdeaux DH, Parks B, Tong T, Loescher L, Moon TE. Natural history and prognostic factors influencing survival in patients with stage I disease. *Cancer* 1998;62(6):1207–14.

- [Pagadala 1998] Pagadala P. Tumor border detection in epiluminescence microscopy images. MS thesis. Rolla: Department of Electrical and Computer Engineering, University of Missouri; 1998.
- [Schmid 1999] Schmid P. Segmentation of digitized dermatoscopic images by twodimensional color clustering. IEEE Transactions on Medical Imaging 1999;18(2):164–71.
- [Soyer 1987] Soyer HP, Smolle J, Kerl H, Stettner H. Early diagnosis of malignant melanoma by surface microscopy. Lancet 1987;2:803.
- [Stolz 1994] Stolz W, Riemann A, Cognetta AB, Pillet L, Abmayr W, Holzel D, et al. ABCD rule of dermatoscopy: a new practical method for early recognition of malignant melanoma. European Journal of Dermatology 1994;4(7):521–7.
- [Stolz 2002] Stolz W, Falco OB, Blich P, Kandthaler M, Burgdorf WHC, Cognetta AB. Color atlas of dermatoscopy, 2nd enlarged and completely revised edition. Berlin: Blackwell publishing; 2002.

## **Internetes források**

- [AAD: Malignant Melanoma] American Academy of Dermatology: Malignant Melanoma  
Forrás: [http://www.aad.org/public/publications/pamphlets/sun\\_malignant.html](http://www.aad.org/public/publications/pamphlets/sun_malignant.html)
- [Namee: Digital Image Processing] Brian Mac Namee. Digital Image Processing: Introduction.  
<http://www.comp.dit.ie/bmacnamee/materials/dip/lectures/ImageProcessing1-Introduction.ppt>

[Wikipedia: Digital image] Wikipedia: Digital image

[http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_image](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_image)

[Wikipedia: Digital image processing] Wikipedia: Digital image processing

[http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_image\\_processing](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_image_processing)

[Wikipedia: Dermatoszkópia] Wikipedia: Dermatoscopy.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Dermoscopy>

[Wikipedia: Melanoma] Wikipedia: Melanoma. <http://en.wikipedia.org/wiki/Melanoma>

## **Képek, ábrák**

[Cancernetwork] Forrás:

[http://www.cancernetwork.com/image/image\\_gallery?img\\_id=1435088&t=1249488672930](http://www.cancernetwork.com/image/image_gallery?img_id=1435088&t=1249488672930)

[Dermlite Foto] Forrás: <http://www.laboderm.fr/dermatoscopie/dermlite-foto.html>

[Iyatomi 2008] Hitoshi Iyatomi, Hiroshi Oka, M. Emre Celebi, Masahiro Hashimoto, Masafumi Hagiwara, Masaru Tanaka, Koichi Ogawa. An improved Internet-based melanoma screening system with dermatologist-like tumor area extraction algorithm. Computerized Medical Imaging and Graphics 32 (2008) 566–579.

[Poorimage] Forrás: [https://b0112-web.k.hosei.ac.jp/DermoPerl/html/poorimage\\_eng.html](https://b0112-web.k.hosei.ac.jp/DermoPerl/html/poorimage_eng.html)

[Wikipedia: Dermatoszkópia] Wikipedia: Dermatoscopy.

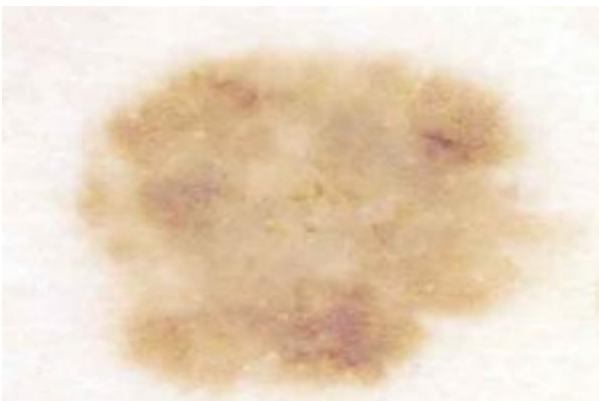
Forrás: <http://en.wikipedia.org/wiki/Dermoscopy>

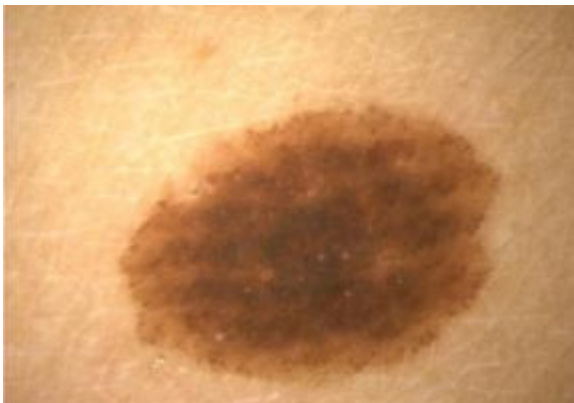
[Wikipedia: Melanoma] Wikipedia: Melanoma.

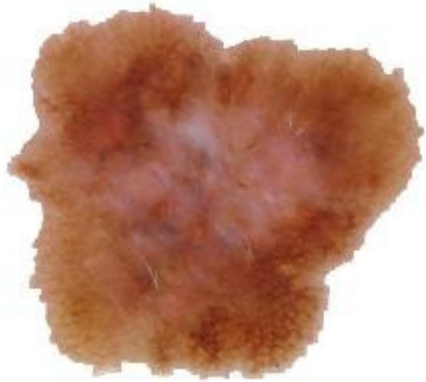
Forrás: <http://en.wikipedia.org/wiki/Melanoma>

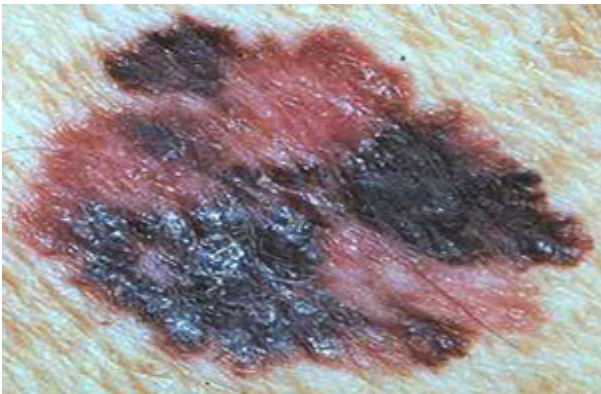
## 9. Függelék

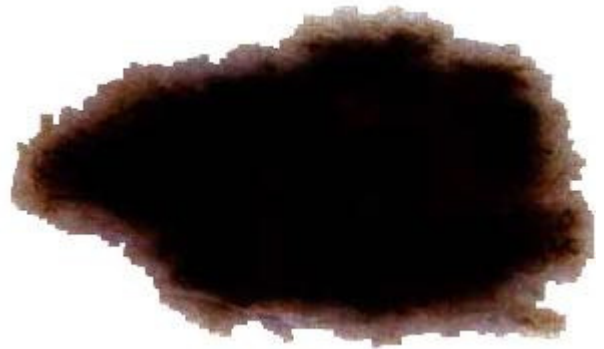
A függelékben szeretnék bemutatni néhány tesztképet és a program által ezekre adott eredményt:











## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a diplomamunka elkészítéséhez nyújtott szakmai segítségért és a hasznos tanácsokért témavezetőmnek, Dr. Hajdu András Tanár Úrnak, akinek a segítségével betekintést nyerhettem a tanszéken folyó kutatómunkába.

Hálás köszönettel tartozom családomnak, szeretteimnek, akik mindvégig mellettem álltak és segítettek, nélkülük ez a diplomamunka nem jöhetett volna létre.