

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Miha Ilovar

**Analiza rentgenograma in zaznavanje
kardiomegalije**

DIPLOMSKO DELO
NA VISOKOŠOLSKEM STROKOVNEM ŠTUDIJU

Mentor: doc. dr. Tomaž Dobravec

Ljubljana, 2010



Št. naloge: 00474/2009

Datum: 15.10.2009

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **MIHA ILOVAR**

Naslov: **ANALIZA RENTGENOGRAMA IN ZAZNAVANJE KARDIOMEGALIJE**
ANALYSIS OF RADIOGRAPH AND DETECTION OF CARDIOMEGALY

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija

Tematika naloge:

Preglejte področje računalniškega vida, ki se ukvarja z zaznavanjem objektov na sliki, ter predstavite osnovne metode za avtomatsko obdelavo slik (konvolucijske maske, operatorji za zaznavanje robov in podobno). Razvijte postopek, ki z uporabo lastnih metod na rentgenogramu prsne votline zazna lego in velikost srca ter skupno širino pljuč. Na podlagi zaznanih parametrov določite, ali je srce na rentgenogramu povečano (kardiomegalija). Izdelajte računalniški program, v katerem boste prikazali delovanje razvitega postopka na konkretnih rentgenogramih. Program naj bo napisan v programskem jeziku Java, preprost in prijazen do uporabnika.

Mentor:

doc. dr. Tomaž Dobravec



Dekan:

prof. dr. Franc Solina

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Za objavlanje ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Namesto te strani **vstavite** original izdane teme diplomskega dela s podpisom mentorja in dekana ter žigom fakultete, ki ga diplomant dvigne v študentskem referatu, preden odda izdelek v vezavo!

IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani Miha Ilovar,

z vpisno številko 63020056,

sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Analiza rentgenograma in zaznavanje kardiomegalije

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Tomaža Dobravca
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki "Dela FRI".

V Ljubljani, dne 15. 04. 2010

Podpis avtorja:

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju, doc. dr. Tomažu Dobravcu in as. dr. Luki Šajnu za strokovne nastvete in usmerjanje pri izdelavi diplomskega dela ter dipl. ing. rad. Luki Vovku za vse pobude in pomoč.

Še posebej pa bi se rad zahvalil svoji mami za potrpežljivo podporo tekom študija.

Kazalo

Povzetek	1
Abstract	2
Uvod	3
1 Obdelava slike	4
1.1 Rastrska grafika	4
1.2 Povprečna intenziteta slike	6
1.3 Konvolucija	8
1.4 Razčlenitev slike glede na prag intenzitete	10
1.5 Zaznavanje robov na sliki	11
1.5.1 Cannyev operator	12
1.5.2 Robertsov operator	13
1.5.3 Prewittov operator	14
1.5.4 Sobelov operator	15
1.5.5 Razlika Gaussov	16
2 Rentgenogram prsnega koša in kardiomegalija	17
2.1 Rentgenogram	18
2.2 Zgradba in funkcija srca	20
2.3 Povečanje srca ali kardiomegalija	21
2.3.1 Simptomi kardiomegalije	21
2.3.2 Kardiomegalija zaradi hipertrofije	22
2.3.3 Kardiomegalija zaradi dilatacije	22
2.3.4 Diagnoza kardiomegalije	23
3 Zaznavanje kardiomegalije	24
3.1 Določitev lege srca na rentgenogramu	24
3.1.1 Povprečna intenziteta rentgenograma	25

3.1.2	Glajenje rentgenskega posnetka	26
3.1.3	Razčlenitev rentgenograma glede na prag intenzitete . .	29
3.1.4	Določitev lege srca	30
3.2	Določitev leve in desne meje srca	30
3.2.1	Operator za zaznavanje robov	32
3.2.2	Določitev mej srca z operatorjem za zaznavanje robov . .	33
3.3	Določitev najširšega dela srca	34
3.4	Določitev mej pljuč	34
3.5	Izračun razdalj med mejnimi točkami	36
4	Predstavitev programa	37
	Zaključek	43
	Seznam slik	44
	Literatura	46

Povzetek

Namen diplomskega dela je razviti postopek, ki bi z analizo rentgenograma prsnega koša samodejno čim bolj zanesljivo in natančno določil prisotnost kardiomegalije ali povečanja srca.

V delu so sprva na kratko prikazani nekatera splošna dejstva o računalniški grafiki ter določene uveljavljene metode in operatorji za obdelavo slik. Predstavljene metode in operatorji so:

- aplikacija konvolucijskih mask za obdelavo slike,
- razčlenitev slike glede na prag intenzitete,
- uporaba operatorjev za zaznavanje robov na sliki (Cannyev, Robertsov, Prewittov, Sobelov in razlika Gaussov).

Predstavljeno je rentgensko slikanje in rentgenogrami ter nekaj splošnih dejstev o zgradbi in funkciji srca. Pozornost je usmerjena na pojav povečanja srca, ki ga imenujemo kardiomegalija.

Sledi opis postopka, ki s pomočjo prirejenih zgoraj naštetih metod in nekaterih lastnih pristopov zazna meje srca in pljuč ter določi ustrezne mejne točke. Rezultat postopka je potrditev ali ovržba kardiomegalije, ki temelji na razdaljah med ustreznimi točkami.

Ključne besede:

konvolucijska maska, intenziteta slike, Cannyev operator, Robertsov operator, Prewittov operator, Sobelov operator, razlika Gaussov, rentgensko slikanje, rentgenogram, srce, kardiomegalija, povečanje srca.

Abstract

The purpose of this graduation thesis is to develop a procedure, which would automatically and reliably determine the presence of cardiomegaly, also known as heart enlargement, from a chest radiograph.

The thesis initially presents an overview of some general facts about computer graphics and certain well-established methods and operators for image processing. The presented methods and the operators are:

- application of convolution masks for image processing,
- segmentation of images using a threshold,
- use of edge detection operators (Canny, Roberts, Prewitt, Sobel and the difference of Gaussians).

X-ray and radiograms are presented along with some general facts about the structure and the function of the heart. The attention is focused on the occurrence of heart enlargement, also known as cardiomegaly.

A description of the procedure, which detects heart and lung boundaries and the corresponding boundary points with help from the modified methods mentioned above and some of my own approaches, follows. The result is the confirmation or refutation of cardiomegaly, which is based on the distances between appropriate points.

Key words:

convolution mask, intensity of an image, Canny operator, Roberts operator, Prewitt operator, Sobel operator, the difference of Gaussians, X-ray, radiograph, heart, cardiomegaly, heart enlargement.

Uvod

Danes so zdravnikom na razpolago številni postopki, ki jim pomagajo postaviti čim bolj točno diagnozo. Med temi postopki je slikanje z rentgenom, ki omogoči neposreden vpogled v notranjost telesa brez operativnega posega. Rentgensko slikanje je ena najbolj uporabljenih preslikovalnih metod, zlasti za prikaz okostja, prsnega koša in telesnih vodov (žil, prebavil).

Do nedavnega si pri analizi rentgenogramov ni bilo mogoče pomagati z računalniško obdelavo, saj so bili le-ti posneti v analogni obliki. Danes pa so rentgenski posnetki v digitalni obliki že zelo razširjeni (rentgenogrami, posneti na urgentnem oddelku Kliničnega centra v Ljubljani, so še vedno v analogni obliki). Računalniška obdelava je analizo rentgenogramov dvignila na povsem novo raven in prinesla veliko prednosti, kot so hitrost, natančnost, prilagodljivost in avtomatizacijo. Še vedno pa v ambulantah z rentgenskimi aparati primanjkuje programskih analitičnih orodij, ki bi olajšala in izboljšala analizo in diagnosticiranje. Primanjkljaj je treba pripisati samemu pomanjkanju le-teh na trgu ali njihovi finančni nedostopnosti. Tako se razne analize, ki bi lahko bile računalniško podprte, še vedno vršijo ročno. Primer take analize je tudi ugotavljanje kardiomegalije ali povečanja srca.

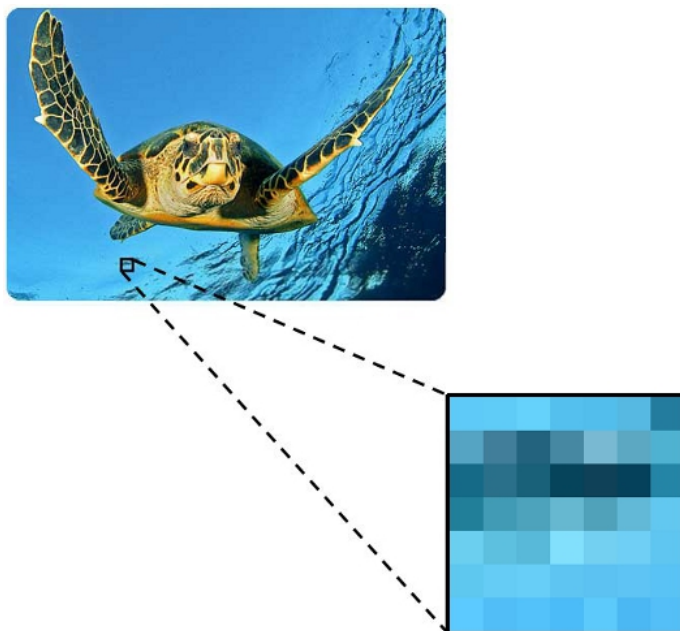
Cilj diplomskega dela je razviti program, ki bo preko enostavnega uporabniškega vmesnika hitro in zanesljivo nudil pomoč pri diagnozi kardiomegalije.

Poglavje 1

Obdelava slike

1.1 Rastrska grafika

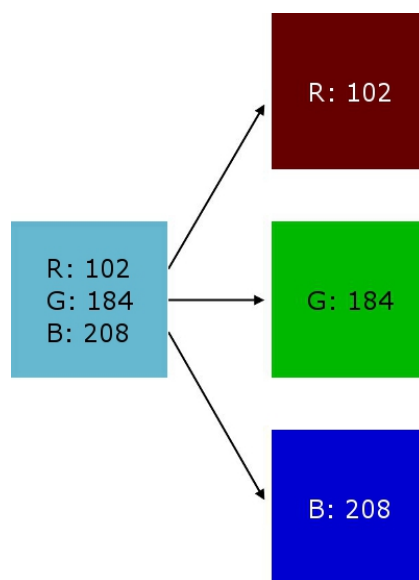
Rastrska grafika (tudi bitna grafika) je podatkovna struktura slikovnih pik ali točk v obliki dvodimenzionalne tabele. Tabela je določena s številom slikovnih točk oziroma svojo dolžino in višino ter z barvno globino oziroma številom bitov, s katerim je predstavljena vsaka točka. Slednje določa število barv, ki jih slika lahko prikazuje [1].



Slika 1.1: Slika, sestavljena iz slikovnih točk.

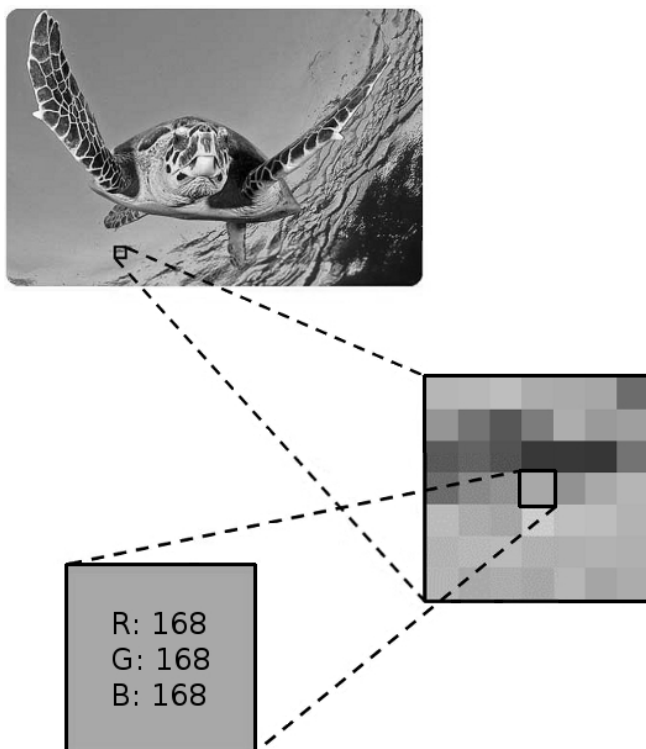
Barva vsake točke na sliki je predstavljena v “RGB” modelu. Ta model sestavljajo 3 osnovne barve – rdeča (R - ang. red), zelena (G - ang. green) in modra (B - ang. blue), končno barvo točke pa določajo njihove vsebnosti ali intenzitete. Barvna globina ali število bitov, s katerim je predstavljena vsaka od treh osnovnih barv, določa število vseh barv, ki jih je RGB model sposoben prikazati.

Najpogosteje se za predstavitev slikovne točke uporablja 24, 16, 8, 4 ali 1 bit na točko. Kot primer vzemimo 24-bitno predstavitev barve. Kot vemo, je celotna barva sestavljena iz treh osnovnih barv, kar pomeni, da je za vsako osnovno barvo v 24-bitni predstavitvi na voljo 8 bitov. Z 8 biti lahko predstavimo 256 odtenkov osnovne barve in s celotnimi 24 biti kar 16777216 odtenkov končne barve slikovne točke [1, 2, 3].



Slika 1.2: Slikovna točka, sestavljena iz treh osnovnih barv.

Črno-bela rastrska slika je predstavljena z dvema barvama - belo in črno. Slika je lahko predstavljena tudi z odtenki sivine med omenjenima barvama. Taki predstavitvi rečemo “lestvica sivin” (ang. “grayscale”). Pri lestvici sivin vsaka slikovna točka zavzame samo eno vrednost - intenziteto slikovne točke. Število odtenkov je tudi tu določeno s številom bitov, s katerimi predstavimo posamezno slikovno točko. Tako lahko z 8 biti predstavimo 256 različnih odtenkov med črno (intenziteta 0) in belo barvo (intenziteta 255). Če so točke na sliki predstavljene v RGB modelu in je slika predstavljena v lestvici sivin, mora vsaka slikovna točka imeti enako vsebnost vseh treh osnovnih barv [2, 4].



Slika 1.3: Slika v lestvici sivin, sestavljena iz slikovnih točk.

1.2 Povprečna intenziteta slike

Slika kot dvodimenzionalni zapis podatkov nam omogoča enostavno manipulacijo z le-temi. Različne operacije se lahko vršijo na celotni tabeli ali pa le delu tabele slikovnih točk.

Slikovna točka v RGB modelu je sestavljena iz treh osnovnih barv. Vsaka barva ima svojo vsebnost ali intenziteto. Če je za predstavitev ene barve na voljo 8 bitov, lahko predstavimo 255 odtenkov le-te. Tako je najnižja intenziteta barve 0 in najvišja 255. Intenziteto barve lahko enačimo kar s svetlostjo odtenka barve. Pri slikah v lestvici sivin pa imajo v RGB formatu vse osnovne barve enako intenziteto, tako da je intenziteta katerekoli osnovne barve kar intenziteta celotne slikovne točke. Izračun povprečne intenzitete slike ali dela slike, ki je predstavljena v lestvici sivin, je postopek, pri katerem vse seštete intenzitete točk v danem polju delimo s številom točk v tem polju. Pri slikah v RGB formatu tako preberemo vrednosti ene od poljubnih osnovnih barv vseh točk slike, dobljeno vsoto pa delimo z seštevkom vseh točk, nad katerimi vršimo izračun [3].

Pseudokoda za izračunavanje povprečne intenzitete slike:

Vhod: slika v lestvici svin

Izhod: povprečna intenziteta slike (od 0 do 255)

```

vsota intenzitet = 0
vsota točk = 0
povprečna intenziteta = 0

za x od 0 do širine slike
  za y od 0 do višine slike
    c = številska predstavitev vsebnosti poljubne barve
    vsota intenzitet = vsota intenzitete + c
    vsota točk = vsota točk + 1

povprečna intenziteta = vsota intenzitet / vsota točk

```

R:56	R: 56	R:54
R: 168	R: 146	R: 169
R: 206	R: 191	R: 189

Vsota intenzitet =
 $56 + 56 + 54 +$
 $168 + 146 + 169 +$
 $206 + 191 + 189 = 1235$

Vsota točk = 9

Povprečna intenziteta =
 $1235 / 9 = 137$

Slika 1.4: Računanje povprečne intenzitete.

1.3 Konvolucija

Konvolucija je ena najbolj pogosto uporabljenih metod za obdelavo slik. Uporablja se za vrsto operacij, kot so glajenje, ostrenje in rotacijo slik, dodajanje raznih filtrov ter iskanje robov. Pri konvoluciji gre za matematično operacijo med definirano matriko ter sliko. Tej matriki rečemo konvolucijska maska. Konvolucijske maske lahko prilagajamo našim potrebam tako s samo velikostjo in vrednostmi v maski kot tudi z obliko maske. Tako bi, če bi se hoteli na sliki znebiti horizontalnih robov, uporabili konvolucijsko masko bolj vertikalne oblike (npr. masko velikosti 3×10).

$$\frac{1}{16} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

Slika 1.5: Konvolucijska maska.

Pri konvoluciji na novo izračunamo vsako slikovno točko. Glede na vrednosti v konvolucijski maski se upošteva sosednje točke oziroma zmnoži vrednosti v maski z vrednostmi (intenzitetami) pripadajočih točk na sliki. Zmnožke se sešteje in dobljena vsota se deli s seštevkom vrednosti v konvolucijski maski. Na novo izračunano vrednost se zapiše v osrednjo točko. Poenostavljeno bi lahko rekli, da središčna točka delno povzame lastnosti svojih sosednjih točk [5].

Če bi se z masko na sliki 1.5 izračunala sredinska točka iz slike 1.4, bi izračun izgledal takole:

$$\begin{aligned} R &= \frac{R1 + 2 \times R2 + R3 + 2 \times R4 + 4 \times R5 + 2 \times R6 + R7 + 2 \times R8 + R9}{1 + 2 + 1 + 2 + 4 + 2 + 1 + 2 + 1} \\ &= \frac{56 + 2 \times 56 + 54 + 2 \times 168 + 4 \times 146 + 2 \times 169 + 206 + 2 \times 191 + 189}{16} \\ &= \frac{2257}{16} \approx 141 \end{aligned}$$

Konvolucija je časovno zelo potratna, predvsem če povečamo konvolucijsko masko. Pri večjih konvolucijskih maskah se zato večkrat uporablja praksa, da za masko izberemo enodimenzionalna tabela in se konvolucija na sliki izvede

v dveh stopnjah - horizontalno in vertikalno. Časovna zahtevnost aplikacije enodimenzionalne konvolucijske maske narašča linearno z velikostjo maske, časovna zahtevnost aplikacije dvodimenzionalne maske pa narašča kvadratno z velikostjo maske [6].

Pri analizi slik je mnogokrat potrebno sliko najprej zgladiti, da se znebimo šuma.



Slika 1.6: Prikaz rezultata glajenja slike.

Po drugi strani običajno glajenje lahko tudi oteži nadaljnjo obdelavo slike, npr. pri zaznavanju robov. Idealno bi seveda bilo, če bi se v čim večji meri lahko znebili šuma in nepravilnosti ter obenem ohranili ostre robove posameznih objektov. Približek tega se doseže z modificiranimi algoritmi za glajenje, kot je selektivno glajenje. Tako glajenje pri apliciranju konvolucijske maske upošteva samo slikovne točke, ki se od točke izračunavanja ne razlikujejo preveč - odstopanje je omejeno s pragom [6].



Slika 1.7: Rezultat glajenja slike s pomočjo selektivnega glajenja.

1.4 Razčlenitev slike glede na prag intenzitete

Pri izpostavljanju objektov na sliki je pogosto dobro sliko razčleniti na 2 dela - na del, ki ga želimo izpostaviti in ostalo. Množico slikovnih točk, ki predstavljajo sliko, se razčleni na 2 podmnožici glede na določen prag intenzitete. Vsaki od podmnožic se določi svojo barvo (belo ali črno), ki jo povzamejo vse vsebovane točke. Rezultat razčlenitve je črno-bela (binarna) slika. Da bi željen objekt bil kar najbolje izpostavljen, mora biti prag intenzitete izbran čim bolj optimalno. Le-ta je lahko določen vnaprej ali pa se nastavlja dinamično glede na katero od lastnosti slike, npr. povprečno intenziteto [7, 8].



Slika 1.8: Razčlenjena slika.

Pseudokoda za razčlenitev slike, predstavljene v lestvici sivin:

Vhod: slika, prag intenzitete (od 0 do 255)

Izhod: razčlenjena slika

```

Razčlenitev(slika , prag) {
  za x od 0 do širine slike
    za y od 0 do višine slike

      i = intenziteta slikovne točke (x, y)

      če je i manjši od praga
        nastavi točko (x, y) kot belo
      drugače
        nastavi točko (x, y) kot črno
}

```

1.5 Zaznavanje robov na sliki

Zaznavanje robov na sliki se uporablja za vrsto različnih področij, kot so zaznavanje objektov na topografskih kartah, strojno branje ročne pisave in medicina. Robne točke na sliki so tam, kjer se intenziteta slikovnih točk nenadoma dvigne ali pade oziroma bolj formalno, kadar se prekine kontinuiteta intenzitete. Da se na sliki izpostavi rob, mora biti več robnih točk povezanih. Večina algoritmov za zaznavanje robov deluje na podlagi (numeričnega) odvajanja [9, 10]. Najpogostejši robni operatorji so:

- Cannyjev operator,
- Robertsov operator,
- Prewittov operator,
- Sobelov operator,
- razlika Gaussov [9].

Iskanje robov vendarle ni tako nezahtevna naloga, kot se zdi na prvi pogled. Na spodnji sliki je lahko opaziti, da naj bi rob obstajal med 3. in 4. slikovno točko.



Slika 1.9: Odmik v kontinuiteti intenzitete v prehodu iz 3. v 4. slikovno točko.

Če bi bila razlika intenzitet 3. in 4. točke manjša, razlike intenzitet sosednjih točk pa večje, ne bi bilo več mogoče zagotovo trditi, da naj bi tam obstajal rob - mogoče bi lahko bilo robov celo več [10].



Slika 1.10: Odmiki intenzitet slikovnih točk.

Vsakega od algoritmov se da prilagoditi individualnim potrebam. Lahko se npr. osredotočimo le na zaznavanje vertikalnih ali horizontalnih robov ali se za zaznavanje uporabi prilagojeno velikost polja točk. Take prilagoditve

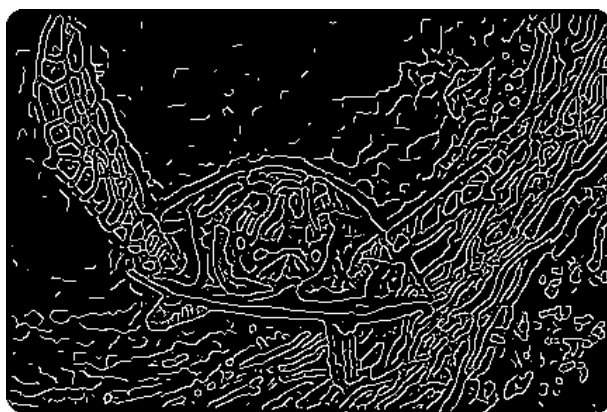
zahtevajo modifikacijo konvolucijskih mask, ki jih operator uporablja. Maske se lahko poveča, zmanjša, obrne ali prilagodi vrednosti v njih.

Za zaznavanje bolj izrazitih in zanemarjanje manj izrazitih robov je pred izvedbo algoritma ključno poljubno zgladiti sliko. Z glajenjem manj izraziti robovi izginejo, vendar je potrebno paziti, da zaradi pretiranega glajenja ne izgine tudi kakšen od bolj izrazitih.

1.5.1 Cannyev operator

Cannyev operator naj bi bil razvit kot “optimalni” iskalnik robov. Za vhod operator potrebuje sliko v lestvici sivin, izhod pa je slika točk, kjer so bile zaznane spremembe v intenziteti. Cannyev operator uporablja algoritem z več fazami:

1. glajenje slike z izpeljanko Gaussovega filtra za čim boljše zmanjšanje šuma na sliki,
2. določanje moči robov z izračunavanjem gradienta, za kar se največkrat uporabi kar Sobelov operator,
3. določanje smeri robov glede na gradiente v točkah,
4. natančnejše določanje robov, ki potekajo vzdolž krivulj in izločanje manj izrazitih robov,
5. odpravljanje majhnih prekinitev robov [9, 10, 11, 12].



Slika 1.11: Primer zaznavanja robov s Cannyjevim operatorjem.

1.5.2 Robertsov operator

Robertsov operator za zaznavanje robov je zasnovan na dveh 2×2 konvolucijskih maskah, ki sta aplicirani na sliko.

$$\begin{array}{cc|cc}
 \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \\
 \mathbf{0} & \mathbf{-1} & \mathbf{-1} & \mathbf{0} \\
 \hline
 \mathbf{Gx} & & \mathbf{Gy} &
 \end{array}$$

Slika 1.12: Konvolucijski maski Robertsovega operatorja.

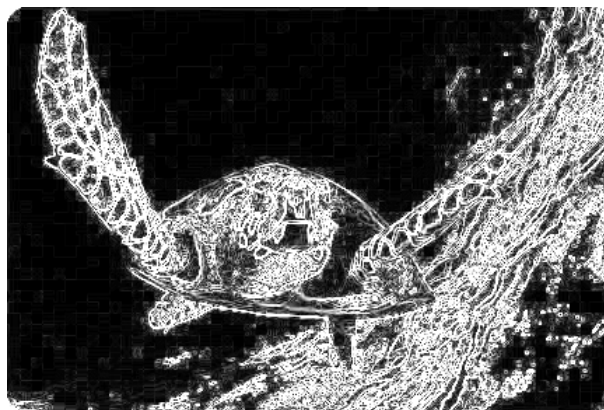
Maski sta oblikovani tako, da se najbolj odzoveta na diagonalne robove pod kotom 45° . Vsaka maska je na sliko aplicirana posebej, tako da dobimo dvojne vrednosti gradientov na sliki. Iz teh vrednosti se nato izračunajo skupne vrednosti gradientov in smeri robov [10, 11].

Formula za izračun gradientov [11]:

$$|G| = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \quad (1.1)$$

Formula za izračun smeri gradientov:

$$\theta = \arctan \frac{Gy}{Gx} - \frac{3\pi}{4} \quad (1.2)$$



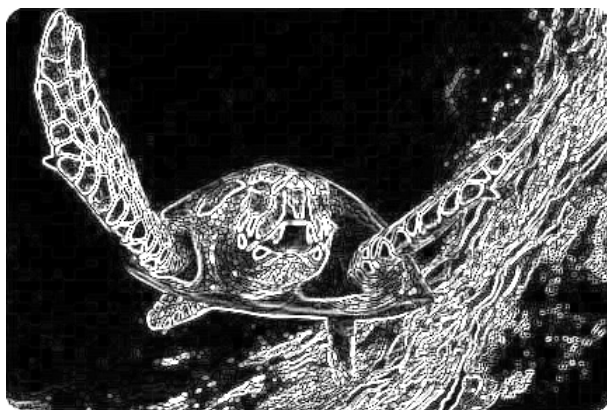
Slika 1.13: Primer zaznavanja robov z Robertsovim operatorjem.

1.5.3 Prewittov operator

Prewittov operator je zelo podoben Robertsovemu. Izračunavanje gradientov in smeri robov poteka na enak način (formuli 1.1 in 1.2), vendar Prewittov operator uporablja drugačni konvolucijski maski, ki se najboljše odzoveta na horizontalne in vertikalne robove [10, 11].

-1	0	1	-1	-1	-1
-1	0	1	0	0	0
-1	0	1	1	1	1
Gx			Gy		

Slika 1.14: Konvolucijski maski Prewittovega operatorja.



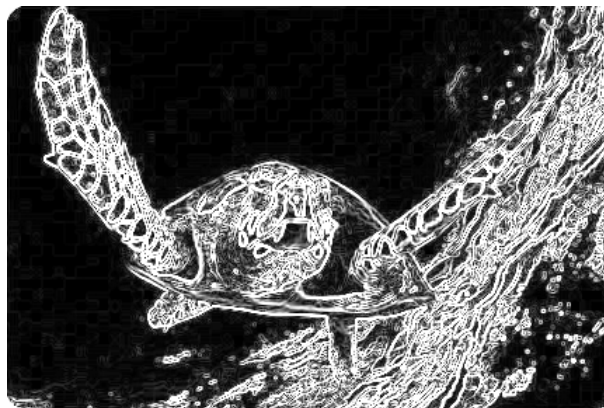
Slika 1.15: Primer zaznavanja robov s Prewittovim operatorjem.

1.5.4 Sobelov operator

Sobelov operator deluje na enakem principu kot Robertsov in Prewittov. Enako kot Prewittov Sobelov operator uporablja konvolucijski maski, ki najbolj zaznavata horizontalne in vertikalne robove. Gradient se izračunava po enačbi 1.1, smer kota roba po enačbi 1.2 [10, 11].

-1	0	1	1	2	1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	-1	-2	-1
Gx			Gy		

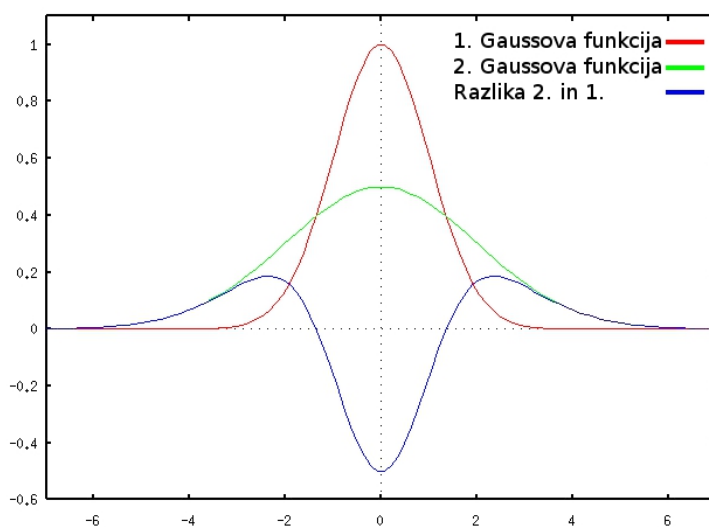
Slika 1.16: Konvolucijski maski Sobelovega operatorja.



Slika 1.17: Primer zaznavanja robov s Sobelovim operatorjem.

1.5.5 Razlika Gaussov

Razlika Gaussov deluje na principu aplikacije dveh različnih Gaussovih filtrov. Vhodno sliko zgladimo z dvema Gaussovima filtroma, ki imata različno veliki konvolucijski maski. Obe glajenji se izvedeta na originalni vhodni sliki. Robovi se izračunavajo tako, da se izhodno sliko glajenja z večjo konvolucijsko masko odšteje od izhodne slike glajenja z manjšo konvolucijsko masko, pri tem pa se vrši nadzor, kdaj izračunana vrednost obrne predznak (prehod čez ničlo) [10, 11, 13].



Slika 1.18: 2 Gaussovi funkciji in razlika med njima.

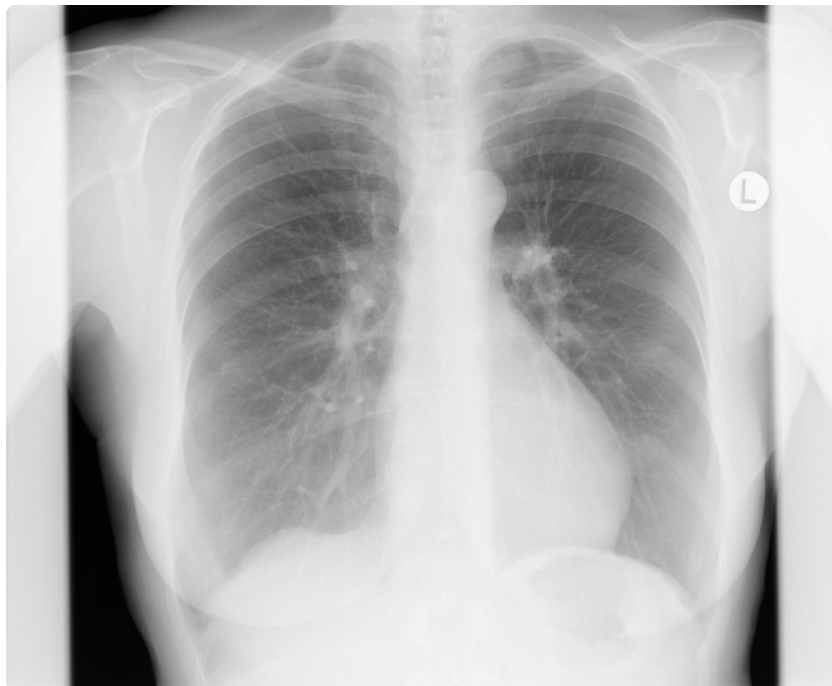


Slika 1.19: Primer zaznavanja robov z razliko Gaussov.

Poglavje 2

Rentgenogram prsnega koša in kardiomegalija

Rentgenski posnetki prsnega koša pomagajo pri postavljanju vrste različnih diagnoz. Opazijo se lahko poškodbe, obolenja ali druge nepravilnosti organov v prsni votlini.



Slika 2.1: Rentgenogram prsnega koša (posteroanteriorna pozicija).

2.1 Rentgenogram

Rentgensko sevanje je leta 1895 odkril nemški fizik Wilhelm Conrad Röntgen, za kar je dobil tudi Nobelovo nagrado iz fizike. Rentgensko sevanje je oblika elektromagnetnega sevanja, pri katerem imajo žarki valovno dolžino med 10 in 0,01 nm, kar sovpada s frekvenco 30 PHz–30 EHz ($3 \times 10^{16} \text{Hz} - 3 \times 10^{19} \text{Hz}$) in energijo 120 eV–120 keV. Najpogostejša uporaba rentgenskega sevanja je prav v eni izmed vej medicine – radiologiji.

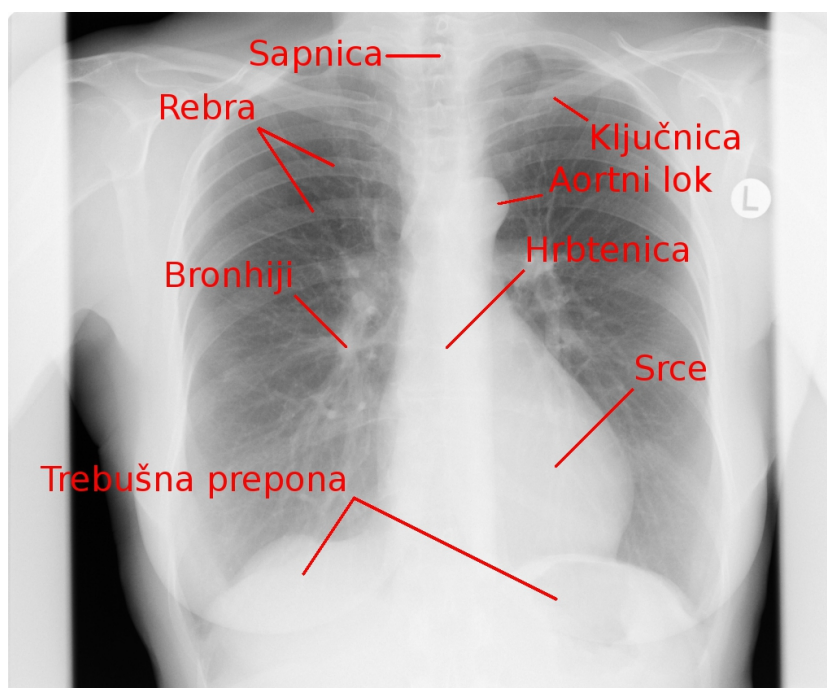
Rentgenski žarki nastajajo v rentgenski cevi. Ta uporablja visoko napetost za pospeševanje elektronov, ki izstopijo iz katode, do visokih hitrosti. Pospešeni elektroni nato trčijo s težko kovino (predvsem volfram, tudi renij ali molibden) in ob tem proizvajajo rentgenske žarke [14].

V medicini so rentgenski žarki z nizko energijo (“mehki” rentgenski žarki) nezaželeni, ker jih človeško telo popolnoma absorbira. Zato se uporablja filter nizkoenergijskih rentgenskih žarkov, tanka kovinska (bakrena) plast pred rentgensko cevjo, ki zaustavlja žarke z nizko energijo in tako “otrdi” žarke. “Trdi” rentgenski žarki prodrejo skozi trdne snovi. Za slikanje gostejših snovi se uporabljajo bolj “trdi” žarki, za slikanje manj gostih manj “trdi” žarki. Obsevanje slikane osebe lahko omeji tudi radiolog, tako da z dodatnim filtrom zmanjša področje posnetka. Filter je nato opazen na rentgenskem posnetku kot svetel rob ob robovih posnetka.

Posnetek rentgenske slike nastane tako, da je oseba nameščena med rentgensko cevjo in rentgenskim filmom (digitalnim). Kratek pulz rentgenskih žarkov, zgeneriran v rentgenski cevi, obseva telo ali del telesa, na nasprotni strani pa obsevanje zaznava rentgenski film. Snovi z večjo gostoto (kosti) rentgenske fotone bolj absorbirajo kot tiste z manjšo (mehka tkiva). Tako nastane posnetek, kjer temna barva predstavlja področje z največ zaznanega sevanja in svetla z najmanj.

Rentgenski žarki so zelo uporabni pri odkrivanju patologij skeletnega sistema, prav tako so uporabni tudi pri odkrivanju patologij in sprememb mehkega tkiva [15].

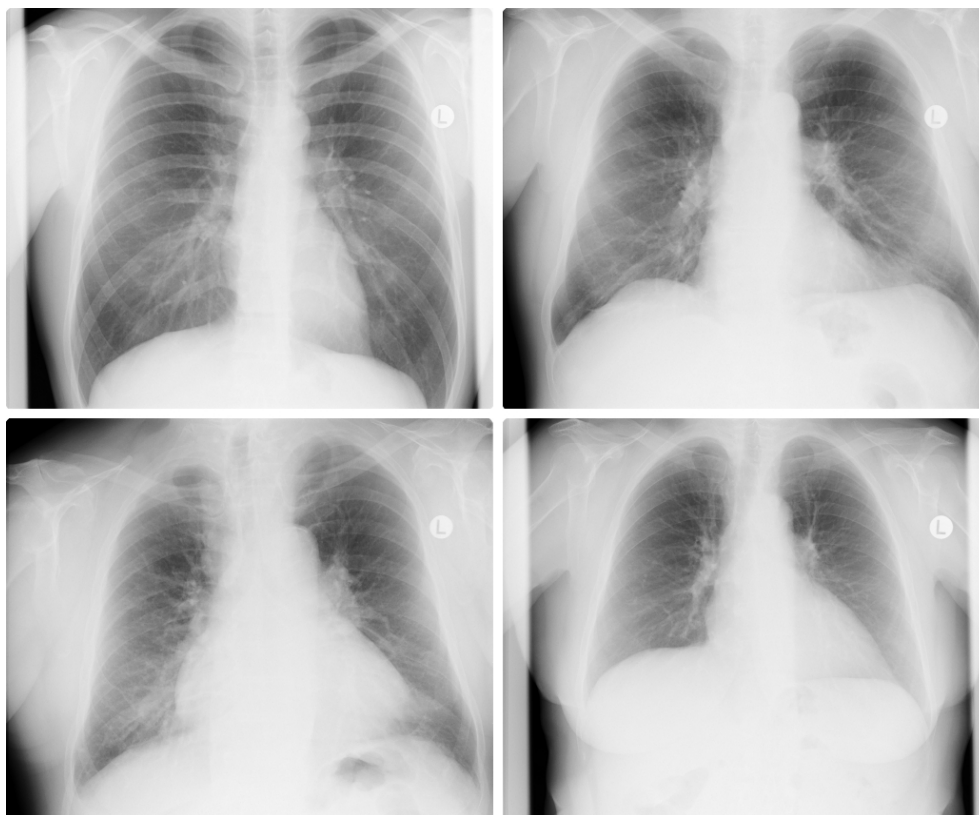
Rentgenska slika ali rentgenogram prsnih organov je ena od najpogostejših diagnostičnih preiskav, običajno pri pregledu srca in pljuč. Postopek je enostaven, hiter in neboleč ter ga navadno opravimo kar ambulantno. Največkrat je rentgenski pregled prsnega koša namenjen potrditvi diagnoze pri bolnikih, pri katerih obstaja sum, da gre za srčno ali pljučno obolenje [15]. Rentgenska slika prsnega koša nudi možnosti odkrivanja obolenj, kot so pljučnica, pljučni rak, nabiranje zraka ali tekočine v prsnem košu, nepravilnosti na srcu itd.



Slika 2.2: Glavni organi, vidni na rentgenski sliki prsnega koša.

Rentgenska slika prsnega koša je vedno posneta v posteroanteriorni poziciji (rentgenski žarki obsevajo telo od zadaj), tako da je leva stran slikane osebe na naši desni, na rentgenu pa se vidijo celotna pljuča. To pomeni, da hrbtenica vedno poteka blizu sredine rentgena ter da je srce od sredine slike zamaknjeno navzdol in v desno (izjema dekstrokardija). Pri samem rentgenskem slikanju mora oseba čim močneje vdihniti, da se pljuča napolnijo z zrakom in se trebušna prepona spusti kar najnižje, da se tako dobro vidi vse organe. Kljub temu se rentgenski posnetki med seboj zelo razlikujejo. Do razlik najpogosteje prihaja zaradi naslednjih okoliščin:

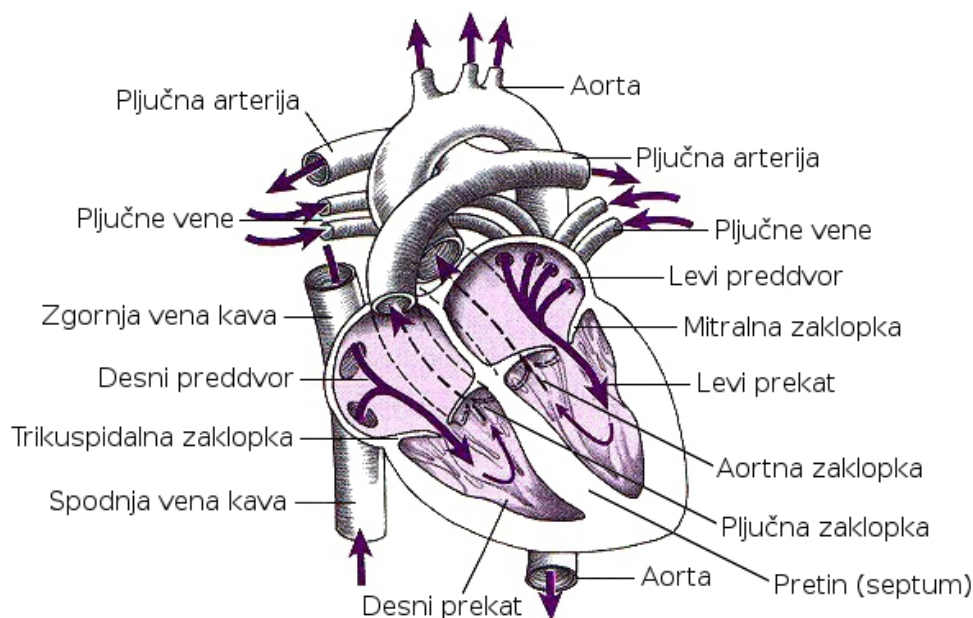
- posnetki oseb s prekomerno težo bodo svetlejši, ker se rentgenski žarki pri njih bolj absorbirajo,
- če oseba ob posnetku slabše vdihne, je trebušna prepona situirana zelo visoko in lahko zakrije del srca, pljuča na sliki so svetlejša,
- na posnetkih so notranji organi lahko manj vidni zaradi različnih patologij ali raznih mren, bronhijev in žil v prsni votlini,
- zaradi omejevanja področja obsevanja s strani radiologa se na posnetku vidijo svetli robovi.



Slika 2.3: Različne rentgenske slike.

2.2 Zgradba in funkcija srca

Srce je votla mišica sredi prsne votline, ki z ritmičnim utripanjem poganja kri po telesu in s tem oskrbuje celice s kisikom in hranljivimi snovmi. Srce odraslega človeka je veliko kot stisnjena pest in tehta približno 300 gramov. Mišična stena, imenovana pretin, deli srce po dolgem na levo in desno polovico. Zaklopka deli vsako polovico na zgornji del ali preddvor (atrij) in spodnji del ali prekat (ventrikel). Desna polovica prejema deoksigenirano kri iz celega telesa po dveh velikih venah (votlih venah kavah). Ta kri prihaja v desni preddvor in teče v desni prekat, ki jo črpa po pljučni arteriji v pljuča, da se tam oksigenira in odda ogljikov dioksid. Leva stran srca dobiva oksigenirano kri iz pljuč v levi preddvor; ta kri teče v levi prekat in se nato črpa v vse dele telesa. Srčne zaklopke, nameščene na vseh izhodih vseh srčnih votlin, zagotavljajo, da lahko kri kroži le v eni smeri [15].



Slika 2.4: Zgradba človeškega srca.

2.3 Povečanje srca ali kardiomegalija

Vzroki za povečanje srca ali kardiomegalije so lahko patološki (neposredno povezani z obolenjem srčne mišice) ali fiziološki (zgolj simptomi kakih drugih obolenj in nepravilnosti v telesu). Povečano srce je lahko posledica različnih stanj kot so stres, napor, nosečnost, alkoholizem, oslABLJENE srčne mišice, različna kardio-vaskularna obolenja, visok krvni tlak, nepravilno delovanje srčnih zaklopk, srčna aritmija itd. Povečanega srca neposredno ni možno zdraviti, zdravi pa se vzroke, ki so vodili do povečanja. Kardiomegalija v skrajnih primerih vodi tudi do sistolične odpovedi srca [15, 16, 17, 18].

Povečanje srca ali kardiomegalija se pojavlja v naslednjih oblikah:

- kardiomegalija zaradi hipertrofije,
- kardiomegalija zaradi dilatacije [15].

2.3.1 Simptomi kardiomegalije

Pri kardiomegaliji bolnik nima težav, dokler povečanje ne doseže točke, ko srce ni več sposobno premagovati dodatnih naporov (telesnega napora, okužbe). Ti

dodatni napori zmanjšajo učinkovitost srca kot črpalke in povzročijo “srčno popuščanje” (težka sapa, otekanje zgornjih in spodnjih udov) [15, 16, 17, 18].

2.3.2 Kardiomegalija zaradi hipertrofije

Do hipertrofije srčne mišice pride, kadar mora srčna mišica, da črpa kri po telesu, delati težje kot normalno. Tako stanje je hipertenzija (zvišan krvni tlak), ki povzroči zadebelitev stene levega prekata (glavni črpalni prekat), pljučna hipertenzija (povečan krvni tlak v pljučih), pri kateri se odebeli stena desnega prekata ter vrsta kardiomiopatije (bolezni srčne mišice), pri kateri se odebelijo stene enega, drugega ali obeh prekatov. Hipertrofija je povečanje mišične mase zaradi povečanja samih celic in ne zaradi povečanja števila celic, ki mišico sestavljajo [15, 19].

2.3.3 Kardiomegalija zaradi dilatacije

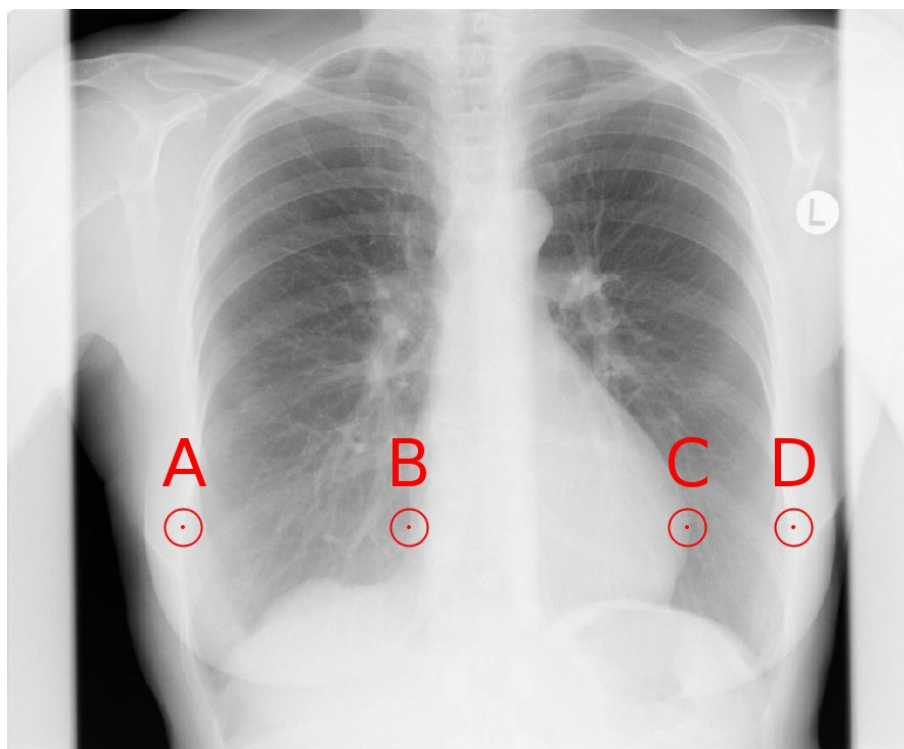
Dilatacijska kardiomiopatija ali dilatacija ene ali več srčnih votlin je stanje, ko srce postane oslABLJENO in povečano, krvi pa ne črpa več učinkovito. Dilatacija ali razširitev srčnih votlin lahko nastane zaradi oslABLJENE sistolične funkcije srčnih votlin oziroma nepopolnega zapiranja srčnih zaklopk (po skrčenju srca se zaklopka ne zapre popolnoma). Zaradi tega kri priteka nazaj mimo zaklopke, kar končno pripelje do razširitve srčne votline in posledično do razširitve srca [15, 20].



Slika 2.5: Primer rentgenske slike povečanega srca.

2.3.4 Diagnoza kardiomegalije

Diagnoza kardiomegalije se postavi na osnovi telesnega pregleda, rentgenske slike prsnega koša in EKG-ja (merjenja električnih impulzov srca). Iz rentgenske slike prsnega koša lahko zdravnik vidi obliko in velikost srca. Eden izmed načinov ugotavljanja morebitnega povečanja srca je, da zdravnik na rentgenski sliki preveri, če je srce na najširšem delu širše od polovice razdalje med skrajno levo in skrajno desno točko pljuč na isti višini [15].



Slika 2.6: Mejne točke za določanje relativne velikosti srca.

Tako bi lahko zapisali, da je srce povečano, če je izpolnjen spodnji pogoj:

$$\text{razdalja}(B, C) > \frac{\text{razdalja}(A, D)}{2}$$

Poglavje 3

Zaznavanje kardiomegalije

Postopek zaznavanja kardiomegalije ali povečanja srca je sestavljen iz metod, ki iz rentgenograma po vrsti določijo naslednje parametre:

1. lego srca in njegove meje,
2. mejni točki srca, kjer je srce najširše,
3. zunanji mejni točki pljuč na višini, kjer je srce najširše,
4. ustrezne razdalje med zgornjimi točkami.

Pri analizi rentgenograma vzamemo kot privzeto, da je le-ta posnet ustrezno. To pomeni, da sta na rentgenogramu vidni obe celotni krili pljuč, da hrbtenica poteka vertikalno po sredini ali v bližini sredine posnetka in da se tudi srce nahaja v bližini sredine posnetka. Kljub temu se rentgenogrami razlikujejo do te mere, da ni nekih stalnih parametrov, na podlagi katerih bi lahko dovolj natančno določili anatomijo prsne votline.

3.1 Določitev lege srca na rentgenogramu

Lego srca zaradi razlik med rentgenskimi posnetki težko v zadovoljivi meri določimo samo z nekim stalnim parametrom (npr. geometrijska sredina slike). Zanesljivost takega pristopa vsekakor ne bi bila zadostna. Pri ugotavljanju lege srca je potrebno vzeti na znanje, da pogosto spodnji del srca zakriva trebušna prepona. Osrednji del srca je slabše viden zaradi hrbtenice, vidljivost zgornjega dela srca pa motijo glavne žile in bronhiji.

Razlike, ki vplivajo na lego in vidljivost srca na rentgenskih posnetkih:

- relativna lega srca v prsni votlini,
- velikost srca,
- horizontalen in vertikalni zamik telesa,
- rotacija telesa,
- višina trebušne prepone,
- patologije srca in pljuč,
- položaj srca glede na hrbtenico,
- količina žil, bronhijev in mren v bližnji okolici srca.

Z upoštevanjem omenjenih dejavnikov sem razvil postopek, ki na rentgenskem posnetku določi lego srca. Koraki tega postopka so naslednji:

1. izračun povprečne intenzitete posnetka,
2. glajenje posnetka,
3. razčlenitev posnetka (prag je prilagojen glede na povprečno intenziteto),
4. določitev lege srca na obdelanem posnetku.

3.1.1 Povprečna intenziteta rentgenograma

Povprečno intenziteto potrebujemo za prilagoditev parametrov pri kasnejši obdelavi rentgenskega posnetka (razčlenitev). Glede na to, da je pomembna predvsem povprečna intenziteta v širšem središču rentgenograma (srca in pljuč), iz izračuna povprečne intenzitete izpustimo zunanji del posnetka (20 %). S tem pospešimo delovanje metode in se izognemo morebitnim pretiranim vrednostim, ki so pogosto na robovih posnetkov (temen, prazen prostor ali svetel rob zaradi dodatnega filtra).

3.1.2 Glajenje rentgenskega posnetka

Rentgenski posnetek je poln detajlov in nepravilnosti, kot so žile, bronhiji, mreže in šum, ki otežujejo kakovostno obdelavo slike. Zato je potrebno sliko pred nadaljnjo obdelavo dobro zgladiti, vendar pa je ključno ohraniti čim ostrejši robove večjih organov. S preizkušanjem vrste različnih načinov glajenja in konvolucijskih mask sem do najboljših rezultatov prišel s selektivnim glajenjem. Ker sem izbral tako veliko konvolucijsko masko, sem se odločil za dvodimenzionalno glajenje z enodimenzionalno konvolucijsko masko. Pri takem načinu glajenja je omenjeno masko potrebno na sliko aplicirati dvakrat – horizontalno in vertikalno. Končen rezultat dvodimenzionalnega glajenja z masko velikosti $n \times 1$ je zelo podoben kot pri glajenju z masko velikosti $n \times n$, prihranek pri času izvajanja glajenja pa je velik.

S preizkušanjem sem prišel do zaključka, da do najboljših rezultatov pridemo s selektivnim glajenjem s pragom intenzitete 10 in konvolucijsko masko velikosti 37×1 :

$\frac{1}{15}$	0,011	0,018	0,028	0,044	0,066	0,095	0,135	0,186	0,249	0,324	0,411	0,506	
	0,606	0,706	0,801	0,882	0,946	0,986	1,000	0,986	0,946	0,882	0,801	0,706	0,606
	0,506	0,411	0,324	0,249	0,186	0,135	0,095	0,066	0,044	0,028	0,018	0,011	

Slika 3.1: Konvolucijska maska za glajenje rentgenskega posnetka.

Obrazložitev vhodov algoritma za glajenje (psevdokoda je navedena v nadaljevanju):

- slika: algoritem je prilagojen za glajenje slik v lestvici sivin, tako da mora biti vhodna slika v ustreznem formatu,
- radij: velikost zgrajene konvolucijske maske je $radij \times 2 + 1$,
- prag: največje odstopanje intenzitete slikovnih točk od intenzitete središčne točke; točke, ki so pod pragom odstopanja, so pri apliciranju konvolucijske maske upoštevane, točke, ki presegajo prag odstopanja, pa ne.

Psevdokoda algoritma za glajenje:

Vhod: slika, radij, prag

Izhod: zglajena slika

```

zgladi(slika , radij , prag) {
  maska = narediMasko(radij)
  zgladiHorizontalno(slika , maska , prag)
  zgladiVertikalno(slika , maska , prag)

  vrni sliko
}

```

Metoda “zgladiHorizontalno” na sliko aplicira masko velikosti $n \times 1$, metoda “zgladiVertikalno” pa transponirano masko velikosti $1 \times n$.

Psevdokoda za izgradnjo konvolucijske maske:

Vhod: radij

Izhod: enodimenzionalna tabela — konvolucijska maska

```

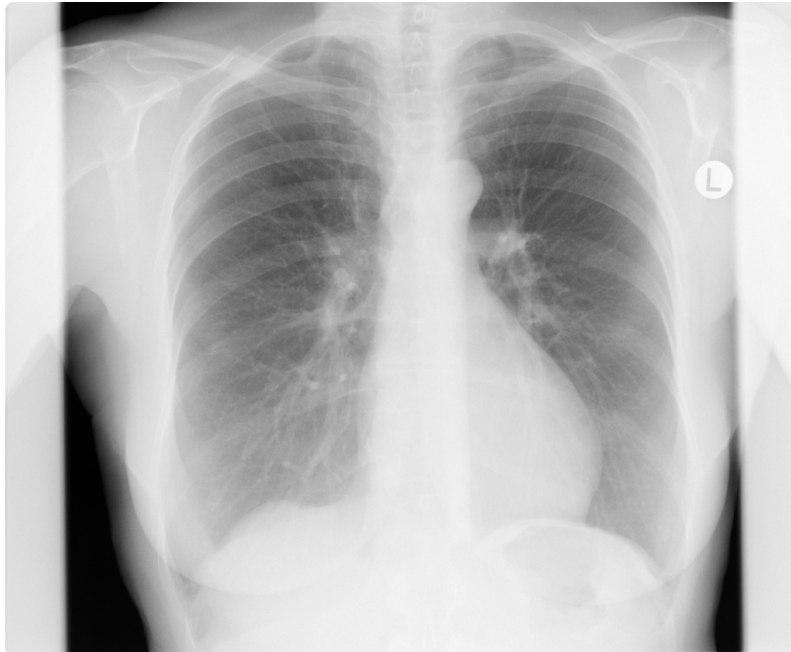
narediMasko(radij) {
  vsota_vrednosti = 0
  velikost_maske = radij * 2 + 1
  maska[velikost_maske]
  sigma = radij / 3
  sigma2 = 2 * sigma * sigma
  sigma3 = sqrt(2 * PI * sigma)
  indeks = 0

  za i od -radij do radij
    razdalja = i * i
    maska[indeks] = (e^(-razdalja / sigma2)) / sigma3
    vsota_vrednosti = vsota_vrednosti + maska[indeks]
    indeks++

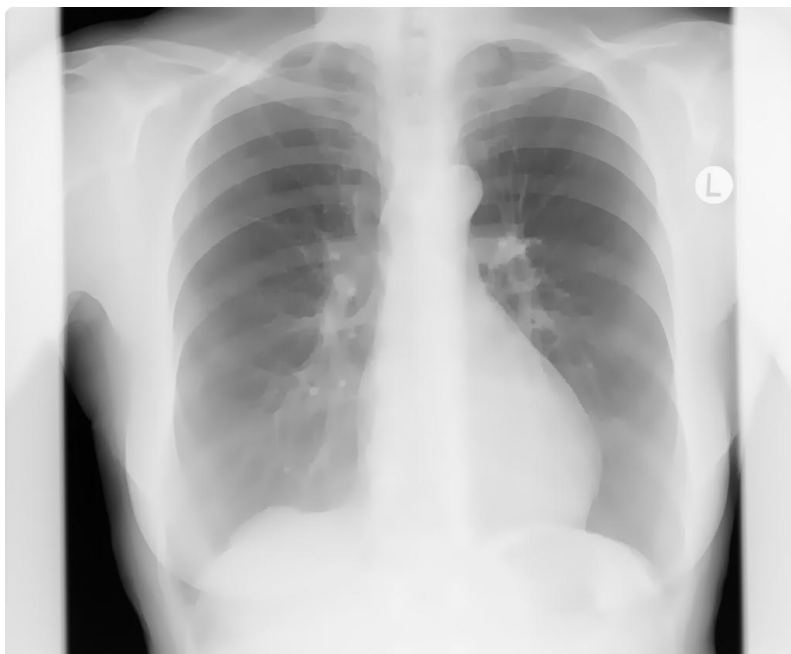
  za j od 0 do velikost_maske
    maska[j] = maska[j] / vsota_vrednosti

  vrni masko
}

```



Slika 3.2: Rentgenogram pred glajenjem.



Slika 3.3: Rezultat glajenja rentgenograma s selektivnim glajenjem.

3.1.3 Razčlenitev rentgenograma glede na prag intenzitete

Ker želimo lego srca čim bolj točno določiti, ga poskušamo na posnetku izpostaviti. Tako rentgenogram razčlenimo na črno-belega, prag pa določimo glede na predhodno izračunano povprečno intenziteto slike. Ta faza postopka mora biti zelo zanesljiva, zato prag postavimo dovolj nizko, da se v čim večji meri znebimo motečih svetlih objektov okoli srca, kot so žile, bronhiji in rebra. Na posnetku mora biti jasno izpostavljen bel obris srca, črna pljuča morajo biti brez nepravilnosti, kot so "beli ostanki" reber ali bronhijev.



Slika 3.4: Rezultat rezčlenitve zglajenega rentgenskega posnetka.



Slika 3.5: Rezultata razčlenitve rentgenograma s prenizkim (levo) in previsokim (desno) pragom.

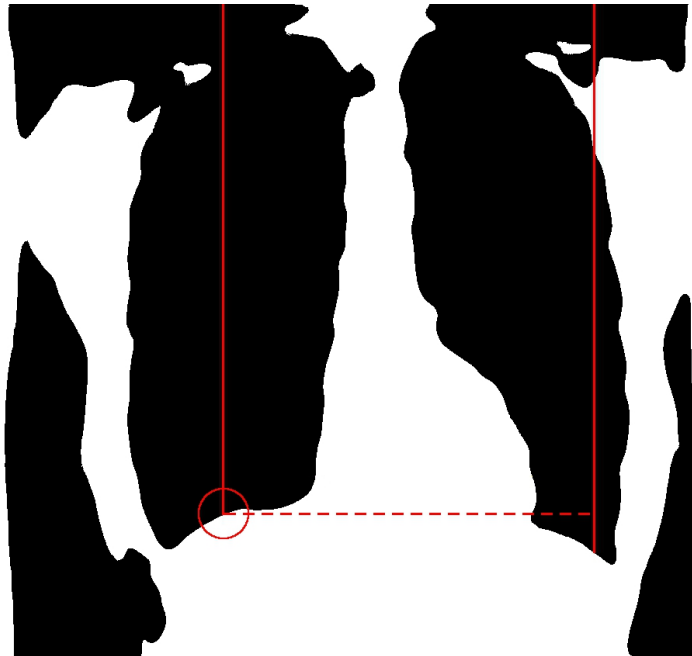
3.1.4 Določitev lege srca

Ko je rentgenski posnetek zglajen in razčlenjen na črno-belega, dovolj natančnih mej organov še ni mogoče določiti, a se lahko določi njihov položaj v prsni votlini. Prvi korak k določanju lege srca je določitev višine trebušne prepone. To se ugotovi tako, da se višina prepone išče po dveh v naprej določenih vertikalnih linijah. Algoritem se sprehodi po linijah od vrha do dna posnetka in zabeleži najnižji zaznani črni slikovni točki. Višina najvišje izmed dveh zabeleženih slikovnih točk, ki je pod polovico celotnega posnetka, je zabeležena kot višina trebušne prepone.

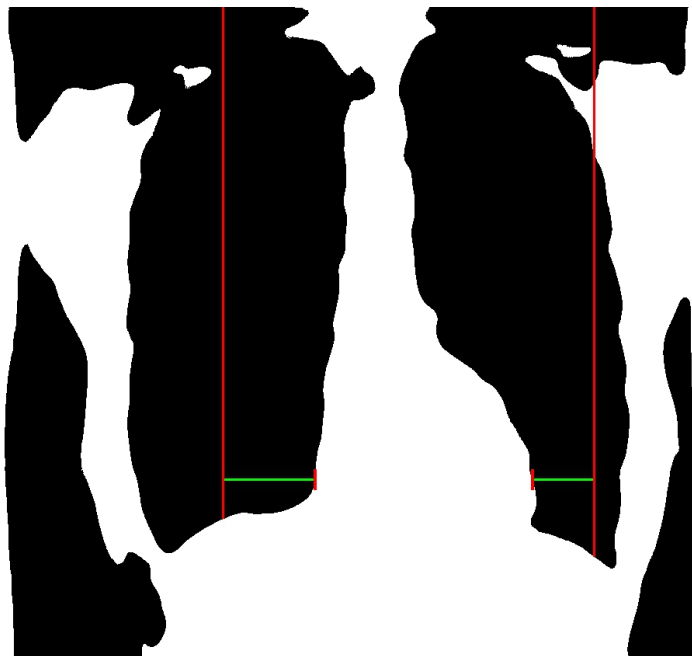
Iskanje srca se izvede med linijama, nekoliko višje (75 slikovnih točk) od višine trebušne prepone, in sicer med obema linijama navznoter. Prva zaznana bela slikovna točka je označena kot meja srca. Tako dobimo dovolj natančno lego srca.

3.2 Določitev leve in desne meje srca

Za ugotavljanje natančnih mej srca se uporabi še neobdelan rentgenogram. Manjše nepravilnosti se zopet odpravi z glajenjem, v ta namen se uporabi enako glajenje kot pri predhodni obdelavi posnetka. Ko sta znani točki, ki določata lego srca na rentgenogramu, je znano tudi ožje področje, znotraj katerega se nahajata meji srca. Tako glajenje lahko omejimo samo na to področje, kjer bomo meje tudi iskali. Za zaznavanje meje sem uporabil operator, ki je poenostavljena različica Prewittovega in Sobelovega operatorja.



Slika 3.6: Rezultat iskanja trebušne prepone po dveh linijah.



Slika 3.7: Določene približne meje in s tem lega srca.

3.2.1 Operator za zaznavanje robov

Prewitov in Sobelov operator zaznavata horizontalne in vertikalne robove, sam pa sem se osredotočil samo na slednje. Pri iskanju vertikalnih robov oba operatorja beležita razliko med tremi levimi in desnimi slikovnimi točkami.

-1	0	1	-1	0	1
-1	0	1	-2	0	2
-1	0	1	-1	0	1
Prewitt			Sobel		

Slika 3.8: Konvolucijski maski Prewittovega in Sobelovega operatorja za zaznavanje vertikalnih robov.

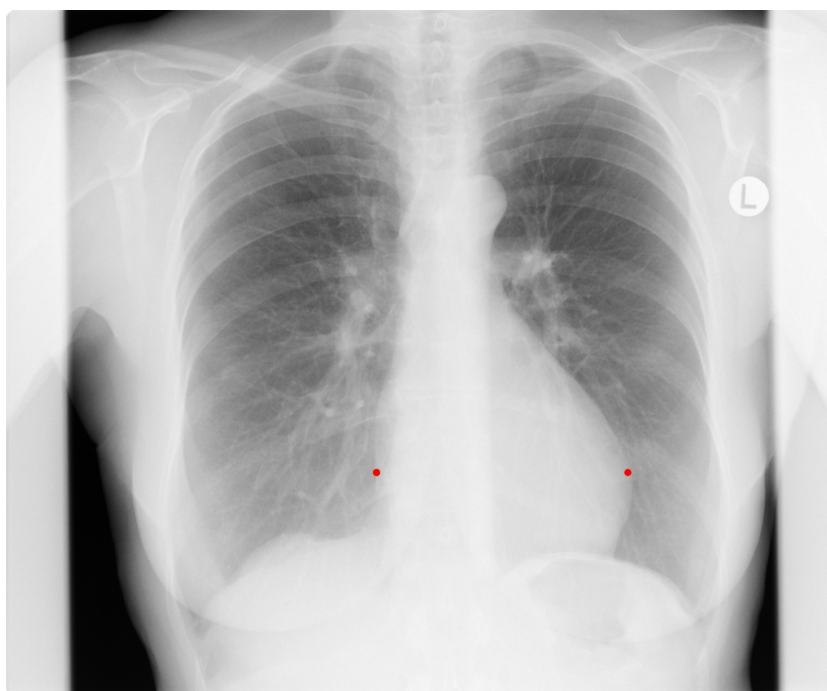
S tako majhno konvolucijsko masko se na rentgenogramu kjub glajenju zazna kup nezaželenih robov. Za čim bolj uravnoteženo iskanje meje srca sem s preizkušanjem ugotovil, da najboljše rezultate dobimo, če uporabimo znatno večjo konvolucijsko masko -21×25 (slika 3.9). Tolikšna velikost maske nam zagotovi zelo nizko občutljivost na objekte na posnetkih, ki se jim hočemo izogniti (bronhiji, rebra).

-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1											

Računanje konvolucije sem poenostavil tako, da sem pri izračunu uporabil metodo za računanje povprečne intenzitete. Metoda se najprej kliče s parametri za izračun povprečne intenzitete leve in nato še s parametri za izračun povprečne intenzitete desne polovice konvolucijske maske. Razlika med izračunanima vrednostma se zabeleži.

3.2.2 Določitev mej srca z operatorjem za zaznavanje robov

Ker je določitev desne meje srca zaradi slabše vidljivosti v veliki večini primerov težja, pozornost najprej usmerimo k iskanju le-te (na levi strani rentgenograma). Desno mejo algoritem išče v treh višinah – v višini točke, ki določa lego srca, 10 slikovnih točk nižje in 10 slikovnih točk višje. Na vsaki višini in omejeni širini zabeleži najmočnejše zaznane robne točke. Najmočnejša robna točka med tremi višinami iskanja je določena kot desna meja srca. Nato algoritem na višini desne meje srca in omejeni širini zopet poišče najmočnejše zaznane robne točke, ki je določena kot leva meja srca (mejni točki sta prikazani na sliki 3.10).



Slika 3.10: Mejni točki srca

3.3 Določitev najširšega dela srca

Najprej je treba preveriti, kolikšna je razdalja med trenutnima mejnima točkama srca. Obstajajo 3 možnosti. Prva je, da se že nahajamo na višini, kjer je srce najširše, druga je, da je srce širše nad našima mejnima točkama, pri zadnji pa je srce širše pod našima mejnima točkama. Potrebno je preveriti vsaj eno od teh treh možnosti, saj so možnosti med seboj izključujoče.

Delovanje algoritma za iskanje najširšega dela srca:

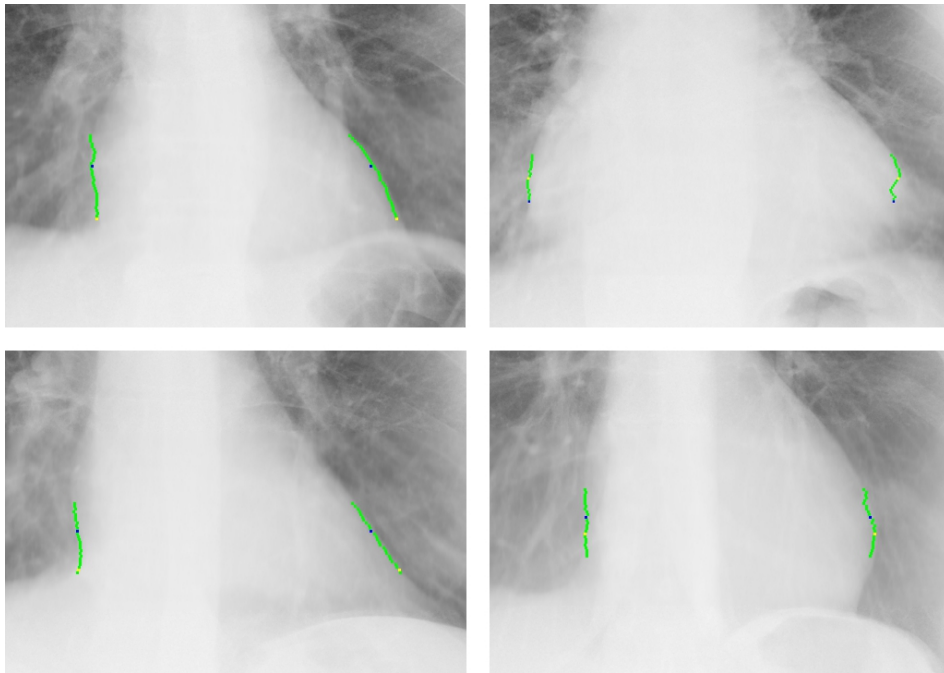
1. algoritem najprej preveri, ali se srce širi navzgor:
 - če se, algoritem poišče mejni točki, kjer je srce najširše,
 - če se ne, algoritem nadaljuje z iskanjem,
2. algoritem preveri, ali se srce širi navzdol:
 - če se, algoritem poišče mejni točki, kjer je srce najširše,
 - če se ne, algoritem nadaljuje z iskanjem,
3. če algoritem ne zazna širjenja srca v nobeni od smeri iskanja, potem je očitno, da začetni mejni točki že ležita na ustreznem mestu.

Za zaznavanje meje algoritem uporablja masko velikosti 3×10 , ki je manjša kot prej (natančnost), a še vedno dovolj velika, da jo manjše nepravilnosti ne zavedejo. Pri pregledovanju meje navzgor in navzdol po srcu mora biti algoritem omejen tako, da ne zaide nad srce v predel z največ žilami in bronhiji ali preveč navzdol, na mejo trebušne prepone.

3.4 Določitev mej pljuč

Meje pljuč je dokaj lahko določiti, saj se za mejne točke lahko vzame kar rebra, ki ob straneh ovijajo pljučni krili. Na tem mestu rebra potekajo pravokotno na rentgenski posnetek in posledično se rentgenski žarki le stežka prebijejo skozi. Na posnetku se to kaže z izrazito svetlimi vrednostmi. Pri iskanju omenjenih vrednosti je potrebno upoštevati morebitno dodatno filtriranje rentgenskih žarkov, ki ga po potrebi nastavlja radiolog. Filter se na posnetku vidi kot svetel pas na robovih posnetka.

Algoritem za iskanje skrajne meje reber in s tem pljuč mora najprej preveriti, ali je rentgenski posnetek dodatno filtriran na levem ali desnem robu.

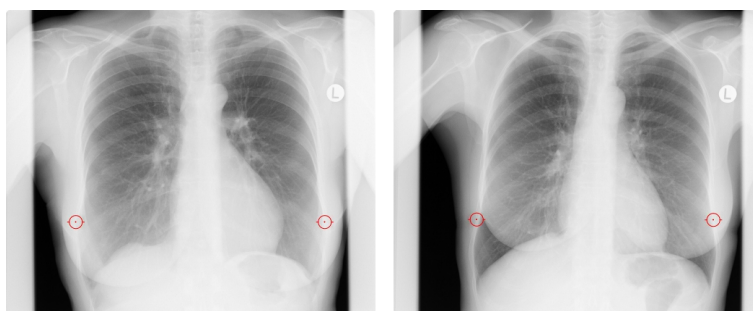


Slika 3.11: Iskanje najširšega dela srca.



Slika 3.12: Končne meje srca v najširšem delu

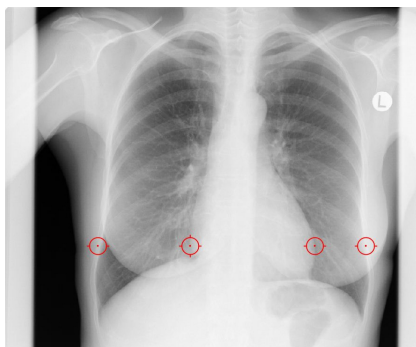
To preveri tako, da za vsako stran posebej na področjih pri vrhu in dnu posnetka poskusi zaznati dolg raven vertikalni rob. Tak morebitni rob se zazna s pomočjo operatorja s konvolucijsko masko velikosti 5×31 . Ravno taka ozka in visoka konvolucijska maska se dobro obnese prav pri iskanju vertikalnih ravnih robov. Če operator na zgornjem in spodnjem področju zazna tak rob in sta robni točki v širino zamaknjeni manj od določenega praga, je na posnetku zaznan svetel pas. Iskanje mej pljuč tako poteka od mejne točke srca do konca posnetka ali do začetka zaznanega filtra.



Slika 3.13: Dodatno filtrirana posnetka z določenima mejnima točkama pljuč.

3.5 Izračun razdalj med mejnimi točkami

Ko so znane vse 4 mejne točke v isti horizontalni liniji, izmerimo razdaljo med mejnima točkama pljuč, kar ustreza širini prsne votline. Izmerimo še širino srca, jo primerjamo s širino prsne votline, da dobimo relativno velikost srca in s tem potrditev ali ovržbo kardiomegalije.

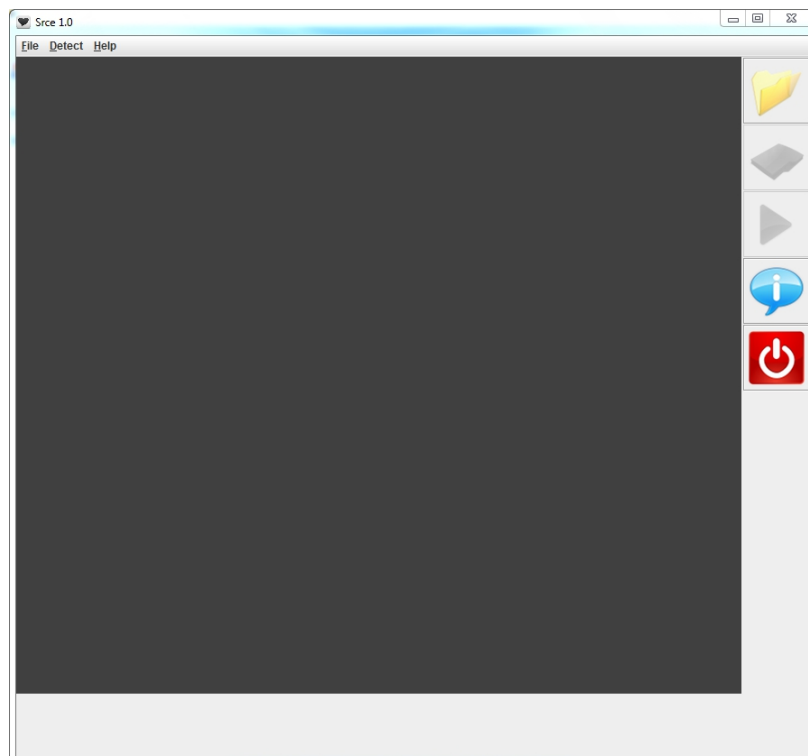


Slika 3.14: Določene vse 4 mejne točke.

Poglavje 4

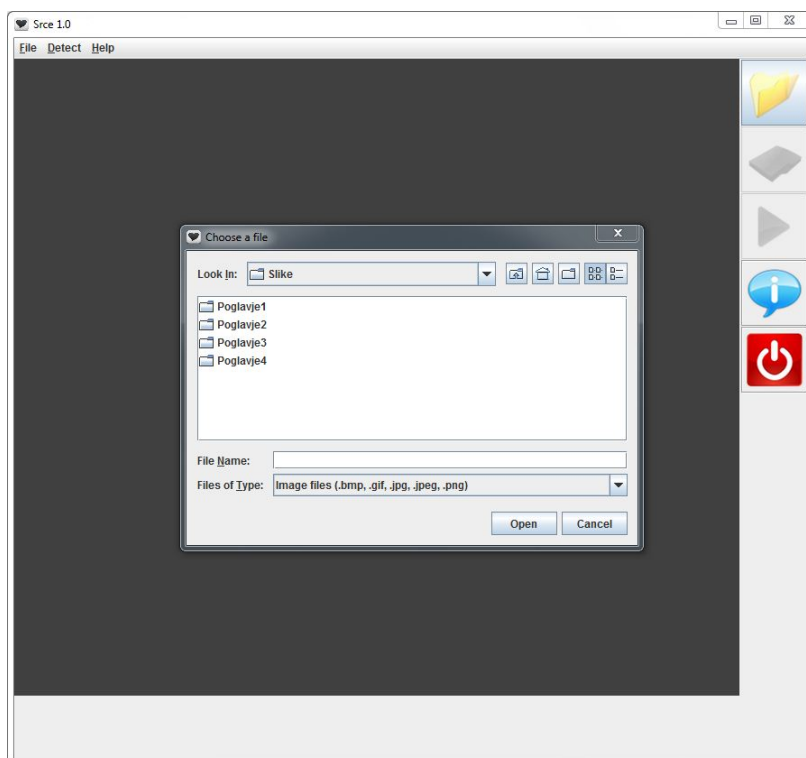
Predstavitev programa

Program za zaznavanje kardiomegalije na rentgenogramih je bil implementiran v programskem jeziku Java. Interakcija programa z uporabnikom poteka preko grafičnega vmesnika, ki je bil ustvarjen z mislijo na enostavnost in prijaznost do uporabnika.



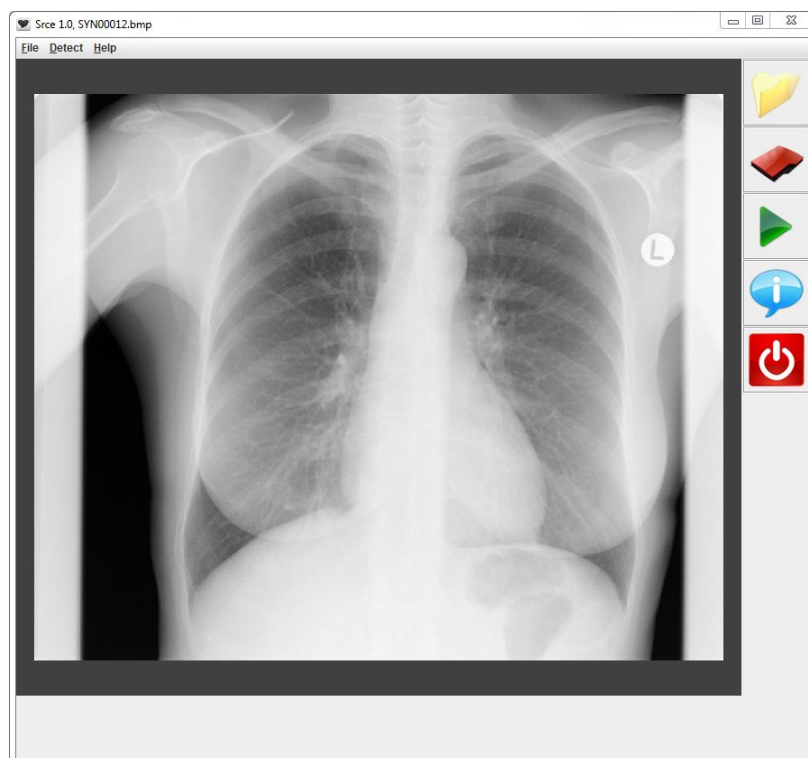
Slika 4.1: Uporabniški vmesnik programa.

Uporabnik s pomočjo dialoga za izbiro datoteke, ki je dostopen preko menijske vrstice ali gumba *Open*, v program naloži rentgenski posnetek. Program podpira nalaganje slikovnih datotek formatov BMP, GIF, JPEG in PNG.



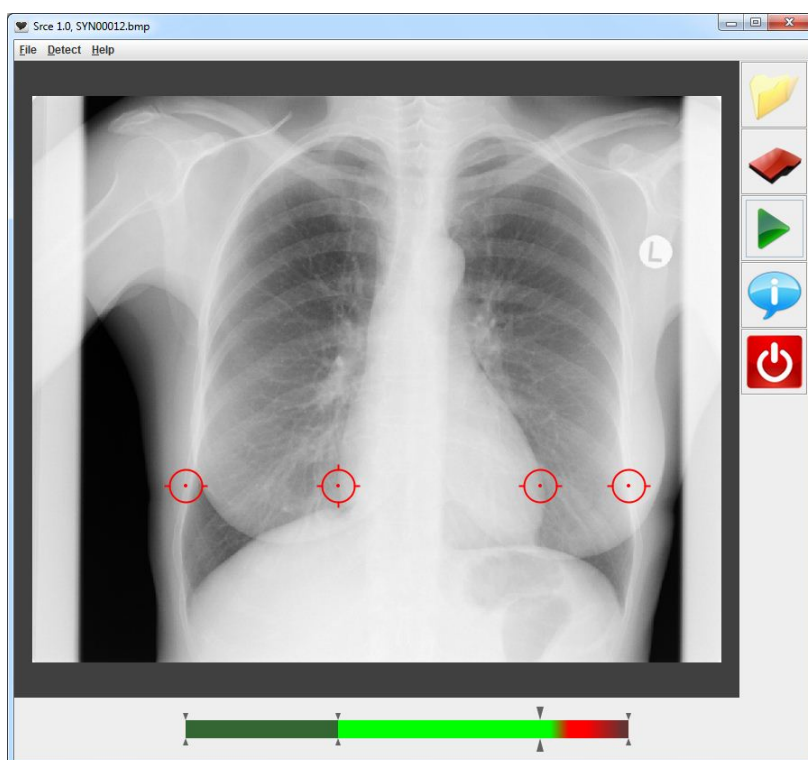
Slika 4.2: Dialog za izbiro datoteke.

Ko je rentgenogram naložen v program, je pripravljen na obdelavo. Določanje mejnih točk poženemo s funkcijo *Detect*, ki je dostopna preko menijske vrstice ali gumba.



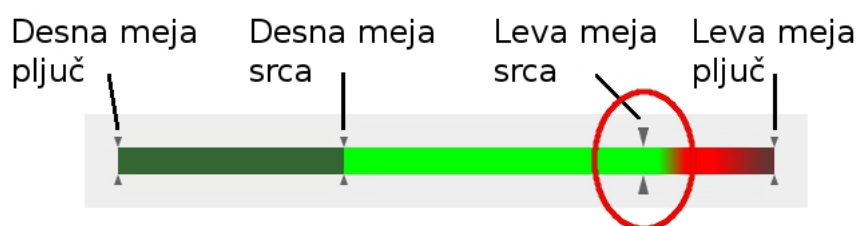
Slika 4.3: Rentgenogram, naložen v program.

Program obdela rentgenski posnetek in prikaže mejne točke. Vse točke se lahko ročno premikajo v horizontalni smeri. Edina točka, ki se premika v vse smeri, je druga točka z leve strani ali mejna točka desne strani srca. Ta točka je edinstvena tudi v funkcionalnem pogledu, saj ko jo premaknemo, se na novo izračunajo lege ostalih točk.



Slika 4.4: V programu prikazane mejne točke.

V spodnji “statusni” vrstici programa se po izračunu lege mejnih točk prikaže grafični prikaz relativne velikosti srca.

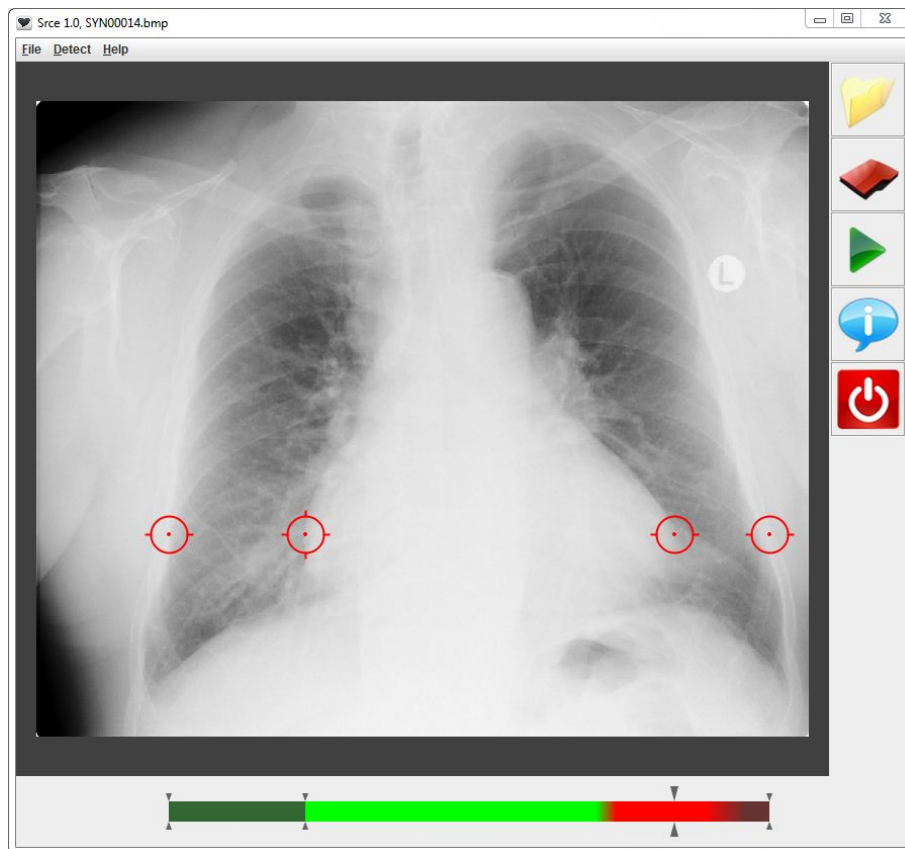


Slika 4.5: Grafični prikaz relativne velikosti srca.

Začetek grafičnega prikaza sovpada z zunanjo mejo desnega pljučnega krila, konec pa z zunanjo mejo levega pljučnega krila. Tako širina grafičnega prikaza predstavlja širino prsne votline. Vmesna indikatorja ustrezata desni in levi meji srca. Svetlo zeleno področje prikaza se prične pri desni meji srca in predstavlja polovico širine prsne votline ali območje, kjer srce ni povečano. Rdeče področje prikaza predstavlja območje, kjer je srce povečano. Glavni (največji) kazalec na prikazu, ki lahko kaže na zeleno ali rdečo območje, prikazuje, kako blizu ali daleč je stanje kardiomegalije.



Slika 4.6: Primer grafičnega prikaza pri povečanem srcu.



Slika 4.7: Primer zaznane kardiomegalije.

Zaključek

V diplomskem delu sem poskušal čim bolj zanesljivo določiti prisotnost kardiomegalije pri osebah na rentgenskih posnetkih. Pri tem sem uporabil splošno znane in nekaj lastnih metod, ki so mi pomagale pri obdelavi posnetka.

Sprva sem skušal z uporabo glajenja in razčlenitve z dinamičnim pragom kar se da natančno določiti okvirno lego srca. Z omenjenima metodama sem dobil 2 referenčni točki, ki sta okvirno določali lego srca na rentgenogramu.

V bližnji okolici referenčnih točk sem želel natančno določiti mejni točki srca, kar mi je uspelo z uporabo lastnega operatorja za zaznavanje robov.

Nato sem z uporabo istega operatorja poiskal najširši del srca in ustrezni mejni točki. V isti višini sem določil še mejni točki pljuč in dobil določene vse 4 točke, ki sem jih potreboval za ugotavljanje relativne velikosti srca in s tem prisotnosti kardiomegalije.

Pri svojem delu sem naletel tudi na določene probleme. Pri natančnem odkrivanju mejnih točk le-ti izhajajo predvsem iz dejstva, da je vsak rentgenski posnetek unikaten. Tako lahko nastavitve algoritmov, ki delujejo odlično za en posnetek, za naslednjega niso primerni. Zato je pri nastavitvah potrebno delati kompromise in žrtvovati malo natančnosti na račun zanesljivosti.

Svoj končni izdelek sem predstavil radiološkemu tehniku in zdravnici, ki sta bila nad delovanjem navdušena. Skoraj v vseh primerih je program pravilno določil mejne točke, le v redkih primerih so bili potrebni minimalni popravki.

Slike

1.1	Slika, sestavljena iz slikovnih točk.	4
1.2	Slikovna točka, sestavljena iz treh osnovnih barv.	5
1.3	Slika v lestvici sivin, sestavljena iz slikovnih točk.	6
1.4	Računanje povprečne intenzitete.	7
1.5	Konvolucijska maska.	8
1.6	Prikaz rezultata glajenja slike.	9
1.7	Rezultat glajenja slike s pomočjo selektivnega glajenja.	9
1.8	Razčlenjena slika.	10
1.9	Odmik v kontinuiteti intenzitete v prehodu iz 3. v 4. slikovno točko.	11
1.10	Odmiki intenzitet slikovnih točk.	11
1.11	Primer zaznavanja robov s Cannyjevim operatorjem.	12
1.12	Konvolucijski maski Robertsovega operatorja.	13
1.13	Primer zaznavanja robov z Robertsovim operatorjem.	13
1.14	Konvolucijski maski Prewittovega operatorja.	14
1.15	Primer zaznavanja robov s Prewittovim operatorjem.	14
1.16	Konvolucijski maski Sobelovega operatorja.	15
1.17	Primer zaznavanja robov s Sobelovim operatorjem.	15
1.18	2 Gaussovi funkciji in razlika med njima.	16
1.19	Primer zaznavanja robov z razliko Gaussov.	16
2.1	Rentgenogram prsnega koša (posteroanteriorna pozicija).	17
2.2	Glavni organi, vidni na rentgenski sliki prsnega koša.	19
2.3	Razlilčne rentgenske slike.	20
2.4	Zgradba človeškega srca.	21
2.5	Primer rentgenske slike povečanega srca.	22
2.6	Mejne točke za določanje relativne velikosti srca.	23
3.1	Konvolucijska maska za glajenje rentgenskega posnetka.	26
3.2	Rentgenogram pred glajenjem.	28

3.3	Rezultat glajenja rentgenograma s selektivnim glajenjem.	28
3.4	Rezultat rezčlenitve zglajenega rentgenskega posnetka.	29
3.5	Rezultata razčlenitve rentgenograma s prenizkim (levo) in previsokim (desno) pragom.	30
3.6	Rezultat iskanja trebušne prepone po dveh linijah.	31
3.7	Določene približne meje in s tem lega srca.	31
3.8	Konvolucijski maski Prewittovega in Sobelovega operatorja za zaznavanje vertikalnih robov.	32
3.9	Konvolucijska maska operatorja za zaznavanje robov.	32
3.10	Mejni točki srca	33
3.11	Iskanje najširšega dela srca.	35
3.12	Končne meje srca v najširšem delu	35
3.13	Dodatno filtrirana posnetka z določenima mejnima točkama pljuč.	36
3.14	Določene vse 4 mejne točke.	36
4.1	Uporabniški vmesnik programa.	37
4.2	Dialog za izbiro datoteke.	38
4.3	Rentgenogram, naložen v program.	39
4.4	V programu prikazane mejne točke.	40
4.5	Grafični prikaz relativne velikosti srca.	41
4.6	Primer grafičnega prikaza pri povečanem srcu.	41
4.7	Primer zaznane kardiomegalije.	42

Literatura

- [1] Raster graphics. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Raster_graphics, (april, 2010).
- [2] RGB color model. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/RGB_color_model, (april, 2010).
- [3] Color. Dostopno na:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Color>, (april, 2010).
- [4] Grayscale. Dostopno na:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Grayscale>, (april, 2010).
- [5] Convolution kernel mask operation. Dostopno na:
<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/digitalimaging/processing/kernelmaskoperation/>, (april, 2010).
- [6] JH Labs, Blurring for beginners. Dostopno na:
<http://www.jhllabs.com/ip/blurring.html>, (april, 2010).
- [7] N. Pavešič: Raspoznavanje vzorcev: uvod v analizo in razumevanje vidnih in slušnih signalov, 2. razširjena izdaja. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 2000.
- [8] Segmentation. Dostopno na:
<http://www.qi.tnw.tudelft.nl/Courses/FIP/frames/fip-Segmenta.html>, (april, 2010).
- [9] S. Kovačič: Strojni vid, Osnove obdelave slike, (14. 11. 2009). Fakulteta za elektrotehniko. Dostopno na:
<http://vision.fe.uni-lj.si/classes/SV/Sv-2009-2010/MV02-14-November-2009-Analiza1.ppt>, (april, 2010).

- [10] Edge Detection. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Edge_detection, (april, 2010).
- [11] Edge Detectors. Dostopno na:
http://robotics.technion.ac.il/courses/Advanced_Laboratory/Lab7/ARL_7_read.pdf, (april, 2010).
- [12] Canny edge detector. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Canny_edge_detector, (april, 2010).
- [13] Difference of Gaussians. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Difference_of_Gaussians, (april, 2010).
- [14] X-ray. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/X-ray#Medical_uses, (april, 2010).
- [15] A. Smith (ur.): Družinska zdravstvena enciklopedija. London: Britansko zdravniško združenje, 1990.
- [16] Cardiomegaly. Dostopno na:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Cardiomegaly>, (april, 2010).
- [17] Enlarged heart. Dostopno na:
<http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4517>, (april, 2010).
- [18] Heart disease – enlarged heart. Dostopno na:
http://www.betterhealth.vic.gov.au/bhcv2/bhcarticles.nsf/pages/heart_disease_enlarged_heart?opendocument, (april, 2010).
- [19] Hypertrophy. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Organ_hypertrophy, (april, 2010).
- [20] Dilated cardiomyopathy. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/Dilated_cardiomyopathy, (april, 2010).