



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndcan@uns.ac.rs

ИНТЕГРИСАНИ
СИСТЕМ
МЕНАДЖМЕНТА
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2013-01-30

ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 4. редовној седници одржаној дана 30.01.2013. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

Тачка 15.1.22.: Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње / верификација нових техничких решења

Одлука

На основу позитивног извештаја рецензената верификује се
техничко решење (М85) под називом:

МЕТОД ЗА ЕКСТРАКЦИЈУ 3D МОДЕЛА ОРГАНА ИЗ МЕДИЦИНСКИХ MRI СНИМАКА

Аутори техничког решења: Андраш Андерла, Бранко Бркљач, Дубравко Ђулибрк, Дарко Стефановић, Цвијан Крсмановић, Срђан Сладојевић, Марко Панић, проф. др Владимир Црнојевић.

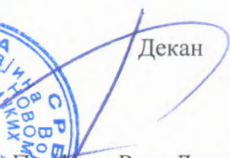
-непотребно изостављено-

Записник водила:


Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:
Секретар


Иван Нешковић, дипл. правник


Проф. др Раде Дорословачки



РЕЦЕНЗИЈА ПРЕДЛОЖЕНОГ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Нова метода: Метод за екстракцију 3D модела органа из медицинских MRI снимака

Основни подаци:

Назив пројекта: Биосенсинг технологије и глобални систем за континуирана истраживања и интегрисано управљање екосистемима

Број пројекта: ИИИ - 43002

Руководилац пројекта: Мирослав Весковић

Аутори решења: Андраш Андерла, Бранко Бркљач, Дубравко Ђулибрк, Дарко Стефановић, Цвијан Крсмановић, Срђан Сладојевић, Марко Панић, Владимир Црнојевић
Факултет техничких наука, Нови Сад

Мишљење рецензента:

Предложен је нови метод за реконструкцију спољашњег облика органа на основу секвенце слика добијене снимањем пацијента са 2D MRI скенером. Метод се заснива на генерисању 3D модела органа на основу аутоматски издвојених раванских контура органа за сваку од слика у појединачној MRI секвенци/снимку. Нарочито је погодан у случају реконструкције органа састављених од меких ткива чије издвајање и сегментација је захтевнија у поређењу са другим врстама ткива, као што је на пример коштано ткиво. Експериментално је коришћен за екстракцију 3D модела бубрега из уобичајеног уздужног MRI снимка људског абдомена. При томе је тачност добијених резултата у рангу са сличним постојећим методама за 3D реконструкцију спољашњег облика унутрашњих органа које се такође заснивају на екстракцији еквиливантних раванских контура попречног пресека органа дуж осе снимања. Може се користити као допуна постојећим 2D MRI скенерима за 3D визуелизацију органа. За имплементацију предложеног метода је коришћен програмски језик Matlab. Метод се састоји из: 1) издвајања спољашње контуре органа и 2) формирања модела спољашњег облика органа на основу издвојених раванских контура.

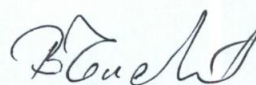
Основне карактеристике метода су:

1. омогућава реконструкцију спољашњег облика органа на основу секвенце слика добијене снимањем пацијента са 2D MRI скенером.
2. садржи нови алгоритам за аутоматску сегментацију органа на MRI сликама, посебно прилагођен за снимање органа сачињених од меких ткива.
3. имплементиран у програмски језику MATLAB.
4. може се користити као допуна постојећим 2D MRI скенерима за 3D визуелизацију органа.

У оквиру предлога решења дат је детаљан опис сегментације и издвајања спољашње контуре органа, што представља кључни елемент метода и припрему за екстракцију 3D модела органа из MRI снимка. Примена метода је илустрована на примеру екстракције 3D модела бубрега.

Техничко решење је оригинално. Текст техничког решења садржи све потребне компоненте: кратак опис са техничким карактеристикама и проценом техничких могућности, преглед тренутног стања у свету, као и детаљан опис самог техничког решења. Рецензент је мишљења да предложено техничко решење треба прихватити.

У Београду,
26. децембар 2012. год.



мр Владимир Челебић

Институт Михајло Пупин
Волгина 15, Београд

РЕЦЕНЗИЈА ПРЕДЛОЖЕНОГ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Нова метода: Метод за екстракцију 3D модела органа из медицинских MRI снимака

Основни подаци:

Назив пројекта: Биосенсинг технологије и глобални систем за континуирана истраживања и интегрисано управљање екосистемима

Број пројекта: ИИИ - 43002

Руководилац пројекта: Мирослав Весковић

Аутори решења: Андраш Андерла, Бранко Бркљач, Дубравко Ћулибрк, Дарко Стефановић, Цвијан Крсмановић, Срђан Сладојевић, Марко Панић, Владимир Црнојевић
Факултет техничких наука, Нови Сад

Мишљење рецензента:

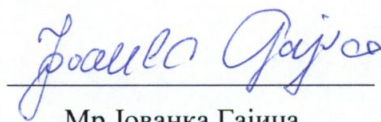
Предложени метод поседује следеће особине: а) омогућава реконструкцију спољашњег облика органа на основу секвенце слика добијене снимањем пацијента са 2D MRI скенером; б) може се користити као допуна постојећим 2D MRI скенерима за 3D визуелизацију органа; в) тачност 3D реконструкцију спољашњег облика органа је у рангу са постојећим методама које се такође заснивају на екстракцији еквилидистантних раванских контура попречног пресека органа дуж осе снимања, г) посебно погодан за реконструкцију органа сачињених од меких ткива, код којих је аутоматско издвајање спољашње контуре органа на сликама захтевније у поређењу са коштаним ткивом. Метод се састоји из: 1) аутоматског издвајања спољашње контуре посматраног органа на MRI сликама у оквиру исте MRI секвенце применом наменски креираног алгорита за дигиталну обраду слике и 2) формирања модела спољашњег облика органа на основу издвојених контура које леже у паралелним, еквилидистантним равнима. Овакав приступ је познат у литератури, а новина метода је у начину на који се врши издвајање контура, односно алгоритму за сегментацију слике који је прилагођен издвајању спољашњих контура органа сачињених од меких ткива. У оквиру предлога техничког решења је приказана примена метода на примеру MRI снимка абдомена и екстракције 3D модела бубрега. Ток алгорита је приказан на сл. 1, а резултати реконструкције и поређење са репрезентативним полуаутоматским и ручним методом, на примеру модела бубрега, су приказани на сл. 2 и у табели 1.

Основне карактеристике метода су:

1. Имплементиран у програмском језику Matlab, који је коришћен за обраду MRI снимака, и CAD програмском систему који врши генерисање коначног 3D модела на основу аутоматски издвојених раванских контура органа за сваку од слика у појединачној MRI секвенци/снимку.
2. Применљив у случају реконструкције органа састављених од меких ткива.
3. Експериментално коришћен за екстракцију 3D модела бубрега.

Текст техничког решења садржи све потребне компоненте: кратак опис са техничким карактеристикама и проценом техничких могућности, преглед тренутног стања у свету, као и детаљан опис самог техничког решења. Поред тога решење је у великој мери ново. Стога је рецензент мишљења да предложено техничко решење треба прихватити.

У Београду,
26. децембар 2012. год.



Мр Јованка Гајица

Институт Михајло Пупин
Волгина 15, Београд

ИИИ - 43002

Биосенсинг технологије и глобални систем за континуирана истраживања и интегрисано управљање екосистемима

Нова метода: Метод за екстракцију 3D модела органа из медицинских MRI снимака

Руководилац пројекта: Мирослав Весковић

Одговорно лице: Бранко Бркљач

Аутори: Андраш Андерла, Бранко Бркљач, Дубравко Ћулибрк, Дарко Стефановић, Цвијан Крсмановић, Срђан Сладојевић, Марко Панић, Владимир Црнојевић

Развијено: у оквиру пројекта ИИИ - 43002

Година: 2012.

Примена од: 15.11.2012.

Кратак опис

Коришћење тродимензионалних (3D) модела у медицини омогућава бољу визуелизацију људских органа, чиме се постиже прецизније и лакше дијагностификовање и лечење пацијената. Техника снимања применом магнетне резонанце (MRI, енгл. Magnetic Resonance Imaging) је нарочито погодна за снимање унутрашњих органа који се састоје од тзв. меких ткива, за разлику од неких других техника за аквизицију медицинских слика као што су CT (енгл. Computerized Tomography) или конвенционална радиологија. MRI снимци, без накнадне допунске обраде након извршеног снимања, представљају слике попречног пресека тела дуж унапред задате осе на којима се различите врсте ткива, које одговарају унутрашњим органима, могу диференцирати на основу нивоа осветљаја пиксела у слици. При томе се у неким случајевима могу користити и посебни реагенси који се дају пацијентима како би се повећао контраст на сликама. Слике у оквиру појединачног снимка се углавном генеришу на унапред дефинисаном еквидистантном растојању на коме се налазе одговарајуће замишљене равни попречног пресека. Иако је анализу унутрашњих органа могуће извршити и само на основу слика више еквидистантних попречних пресека, у неким случајевима је корисно имати и пратећи 3D модел унутрашњег органа. Пожељно је да модел што приближније одсликава стварни орган, што зависи од квалитета и броја (густине) начињених MRI слика, тј. дужине MRI снимка/секвенце, и одабраног метода за реконструкцију односно креирање 3D модела. Предложени метод омогућава екстракцију 3D модела спољашњег облика унутрашњих органа на основу начињеног MRI снимка кроз две фазе: 1) аутоматско издвајање спољашње контуре посматраног органа на MRI сликама у оквиру исте секвенце применом наменски креираног алгорита за дигиталну обраду слике и 2) накнадну интерполацију и генерисање површине тродимензионалног модела на основу издвојених контура које леже у паралелним, еквидистантним равнима. Метод је развијен и анализиран на 3D

моделима бубрега који су формирани на основу MRI снимака абдомена непознатих пацијената. За разлику од неких постојећих, сличних метода, предложени метод је првенствено намењен за креирање модела унутрашњих органа састављених од меких ткива.

Техничке карактеристике

Намењен за реконструкцију спољашњег облика органа на основу секвенце слика добијене снимањем пацијента са 2D MRI скенером. Метод је имплементиран у програмском језику MATLAB, који је коришћен за обраду MRI снимака, и CAD (енгл. Computer-aided Design) програмском систему који врши генерисање коначног 3D модела на основу аутоматски издвојених раванских контура органа за сваку од слика у појединачној MRI секвенци/снимку. У оквиру метода је развијен нови алгоритам за обраду добијених MRI слика којим се олакшава издвајање спољашњих контура унутрашњих органа састављених од меких ткива. Метод је експериментално коришћен за екстракцију 3D модела бубрега из уобичајеног уздужног MRI снимка људског абдомена који чини секвенца од приближно 30 еквидистантних MRI слика.

Техничке могућности

Тачност метода је у рангу са постојећим методама за 3D реконструкцију спољашњег облика унутрашњих органа, које се заснивају на екстракцији еквидистантних раванских контура попречног пресека органа дуж осе снимања. Предност метода је што је применљив у случају реконструкције органа састављених од меких ткива чије издвајање и сегментација је захтевнија у поређењу са другим врстама ткива, као што је нпр. коштано ткиво. Може се користити као допуна постојећим 2D MRI скенерима.

Реализатор

Biosense центар, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду.

Корисници

Факултет техничких наука.

Подтип решења

Нова метода (M85).

Стање у свету

Приликом генерисање тродимензионалних модела унутрашњих органа као техника снимања обично се користи CT, за који су развијени и неки од првих алгоритама за 3D реконструкцију као што је тзв. ART (енгл. Algebraic Reconstruction Technique), и каснији алгоритми на бази примене инверзне Фуријеове трансформације. Постоје различите модификације ових основних алгоритама које се разликују у погледу брзине и квалитета реконструкције. Инструменти који поседују могућност аутоматске реконструкције применом неког од поменутих приступа се означавају као 3D скенери. У том случају екстракција 3D модела унутрашњих органа се може вршити директном сегментацијом органа из формиране 3D слике састављене од запреминских елемената, тзв. воксела, чија величина (резулација) зависи од начина снимања и врсте реконструкције, а вредност/интензитет осветљаја зависи од врсте ткива. Иако модели

на бази воксела могу пружити реалистичну и верну репрезентацију анатомског облика унутрашњих органа, у случају мањих органа њихова резолуција може значајно утицати на реалистичност реконструкције.

Са друге стране, предложени метод за реконструкцију унутрашњих органа на основу MRI снимка, који чини секвенца 2D MRI слика са пикселима као најмањим елементима, припада групи метода које се могу применити на постојећим 2D скенерима. Ове методе се заснивају на сегментацији органа из слика које одговарају попречним пресецима тела на еквидистантном растојању и каснијој реконструкцији на основу издвојених спољашњих контура посматраног органа. Сама сегментација и издвајање спољашње контуре органа углавном зависе од коришћене технике снимања и врсте ткива и могу бити специјализоване за одређену врсту органа. При томе је процес сегментације захтевнији код снимања меких ткива код којих постоји већа варијабилност интензитета пиксела и код којих је теже одредити прецизне спољашње границе органа на слици попречног пресека приликом издвајања спољашње контуре, услед недовољно јасног (оштрог) прелаза између органа и околног ткива на слици. Стога се за снимање органа са меким ткивима, као што су нпр. бубрези, углавном примењује MRI у комбинацији са додатним убризгавањем посебних реагенса за посветљавање ткива приликом снимања, како би се на свакој од слика у оквиру секвенце појачао контраст између посматраног органа и околине. Ипак и поред тога у већини случајева није могуће на довољно прецизан начин аутоматски извршити директну сегментацију органа у слици поређењем вредности пиксела са задатим прагом, већ је потребно извршити додатну обраду слике како би се што прецизније издвојила спољашња контура органа. У ту сврху се могу користити методе на бази модела активних контура или неке друге методе које за циљ имају појачање контраста и диференцијацију између пиксела који припадају органу и околном ткиву. У неким приступима се примењује и надгледано учење облика контуре, којим се након извршене обуке олакшава издвајање контуре у току рада. Одређивање зоне на слици у којој се налази орган и у којој је потребно извршити сегментацију и издвајање контуре се приликом снимања углавном изводи на основу познатог положаја пацијента и познатог положаја осе дуж које се врши снимање. При томе су могућа мања одступања положаја органа унутар дозвољених толеранција услед померања пацијента. Сегментација и издвајање контуре могу бити потпуно аутоматски или полуаутоматски, при чему се под претходним подразумева да је током поцеса неопходна интеракција са оператером који врши снимање. У зависности од конкретног метода, унос додатних информација може представљати: грубо означавање пиксела чији вредности осветљаја одговарају ткиву органа и пиксела који одговарају околном ткиву, означавање региона у слици у коме се налази орган, подешавање броја итерација код итеративних алгоритама, прага за бинаризацију слике, ручну поправку дела контуре или у крајњем случају ручни унос контуре коришћењем показивача. Поред брзине, предност аутоматских метода је и што се смањује зависност добијених резултата од искуства оператера, тако да се и у случају полуаутоматских метода тежи што мањој потреби за интеракцијом са оператером како би се умањила променљивост резултата. Коначна реконструкција 3D модела, у случају оваквог приступа, подразумева интерполацију спољашње површине органа на основу издвојених контура које леже у еквидистантним равнима. Саме контуре могу бити представљене као скуп тачака или у аналитичком облику као криве чији параметри се одређују током процеса издвајања. Предност математичког модела контура је што су тако записане контуре независне од резолуције слике чиме се олакшава скалирање крајњег модела, међутим уколико је резолуција

снимања довољно висока и издвојене контуре довољно глатке, као улазни подаци за реконструкцију се могу користити и контуре представљене скупом тачака у равни.

Дизајн

Предложени метод сачињавају две независне целине, фазе: 1) издвајање спољашње контуре органа и 2) формирање модела спољашњег облика органа на основу издвојених раванских контура. Овакав приступ је познат у литератури, а новина предложеног метода је у начину на који се врши издвајање контура у првој фази, односно посебном алгоритму за сегментацију слике који је нарочито погодан за издвајање спољашњих контура органа сачињених од меких ткива. Стога ће у наставку бити дат опис прве фазе и приказана примена предложеног метода на примеру MRI снимка абдомена и екстракције 3D модела бубрега.

Функционална блок шема на сл. 1 приказује ток обраде појединачне слике у оквиру MRI снимка. Циљ предобраде је да се додатно појача контраст између пиксела који одговарају органу и околног ткива како би се олакшала каснија сегментација. Појачавање контраста се постиже комбиновањем већег броја слика добијених посебним морфолошким филтрирањем оригиналне слике са структурним елементом истог облика, али различите величине. Ове морфолошке операције (засноване на затварању и отварању сиве слике) са структурним елементом променљиве величине, појединачно омогућавају издвајање светлих и тамних детаља истог облика, али са различитом величином у слици, односно представљају тзв. белу и црну „top-hat“ трансформацију оригиналне слике на различитим величинама. Ове трансформације дају слике на којима се локално јасно издвајају светли и тамни детаљи одговарајуће величине, а њиховим правилним комбиновањем се може постићи појачање контраста између органа и околног ткива. Наиме, нека $(g \circ nB)(x, y)$ и $(g \bullet nB)(x, y)$ означавају морфолошко отварање и затварање оригиналне слике $g(x, y)$ коришћењем структурног елемента B величине n . Тада слике $F_{nB}^o(x, y)$ и $F_{nB}^c(x, y)$, дефинисане једначинама (1) и (2), представљају белу и црну „top-hat“ трансформацију слике g на величини n , које садрже све светле и тамне детаље у слици g који су мањи од nB , респективно.

$$F_{nB}^o(x, y) = g(x, y) - (g \circ nB)(x, y) \quad (1)$$

$$F_{nB}^c(x, y) = (g \bullet nB)(x, y) - g(x, y) \quad (2)$$

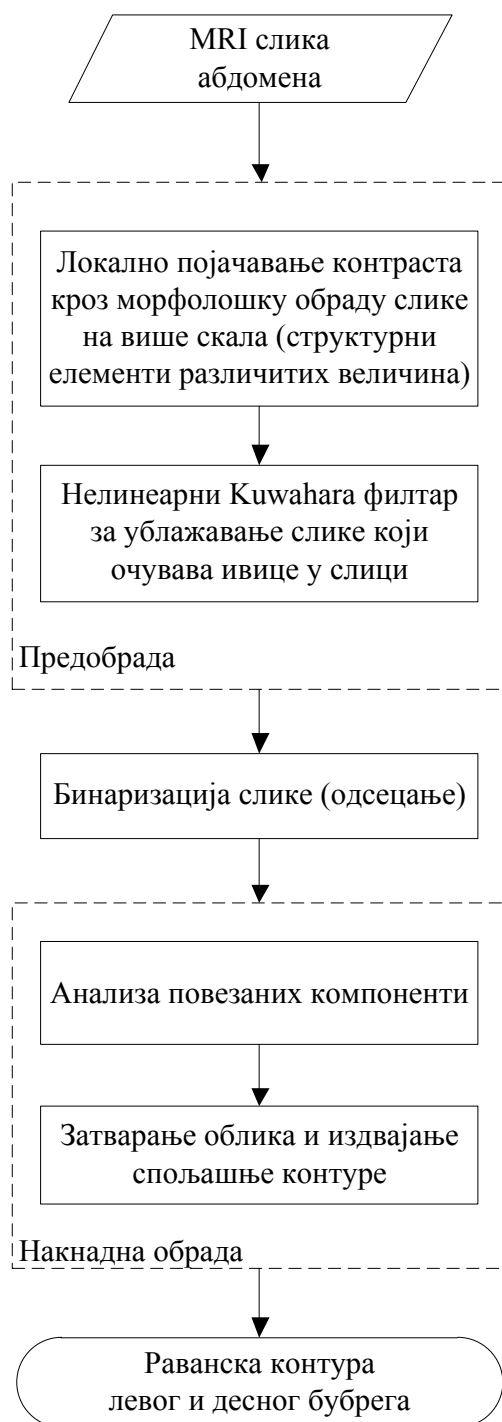
Као последица слике разлике δ_n^o и δ_n^c , једначине (3) и (4), представљају светле и тамне детаље у оригиналној слици који су већи од $(n-1)B$, а мањи од nB :

$$\delta_n^o(x, y) = F_{nB}^o(x, y) - F_{(n-1)B}^o(x, y) \quad (3)$$

$$\delta_n^c(x, y) = F_{nB}^c(x, y) - F_{(n-1)B}^c(x, y) \quad (4)$$

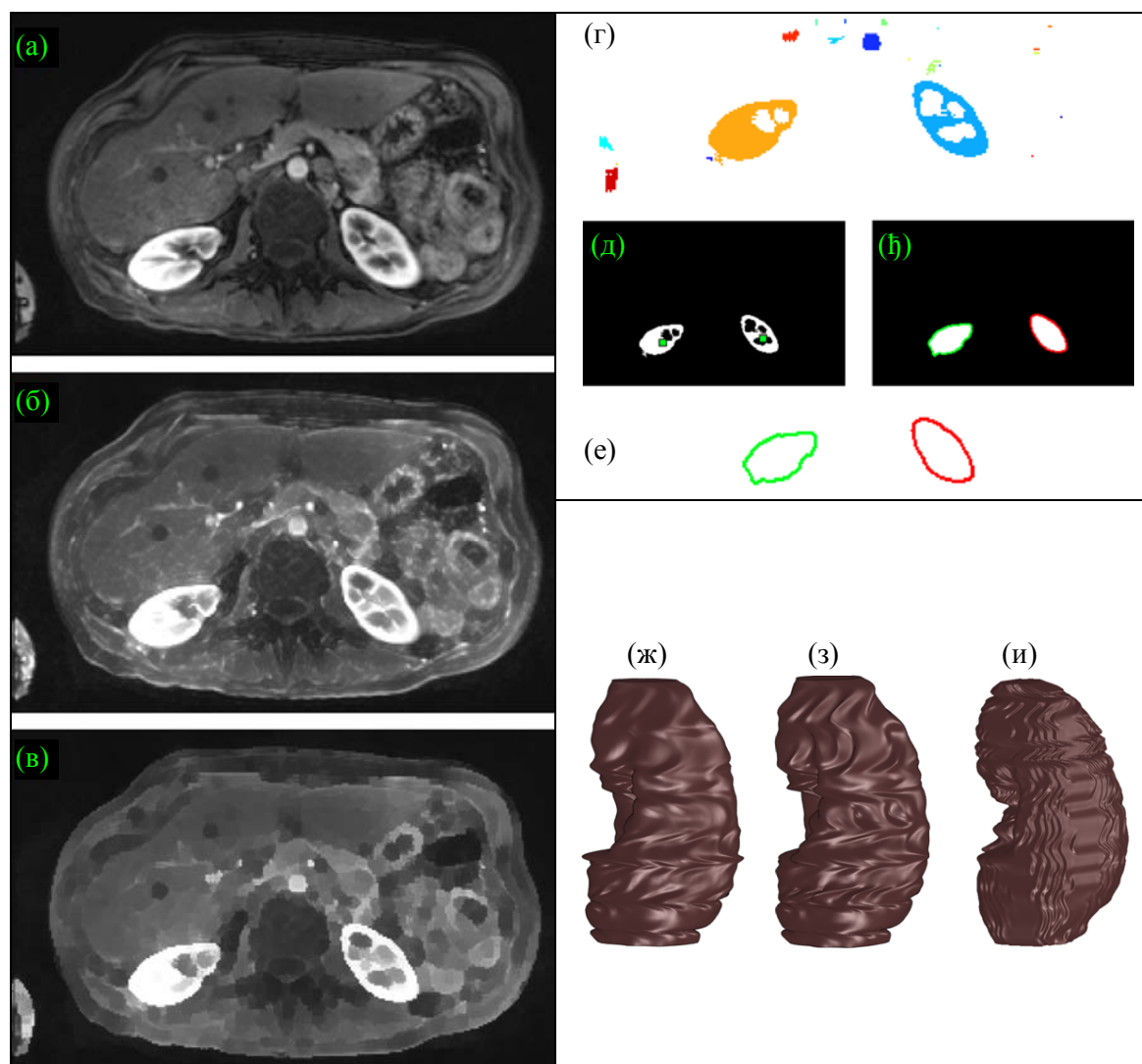
Ови детаљи, различитих величина, се затим селективно појачавају у складу са својом величином (значајем) и сабирају са оригиналном сликом g како би се постигло локално повећање контраста на местима светлих и тамних детаља. Резултат описаног поступка на примеру једне слике из MRI секвенце абдомена је приказан на сл. 2 (б).

При томе је коришћен структурни елемент у облику диска димензије 1 пиксел у $n = 3$ величине.



Сл. 1. Функционална блок шема сегментације и издвајања спољашње контуре органа, као припрема за екстракцију 3D модела органа из MRI снимка, на примеру бубрега.

Након појачавања контраста у оквиру предобраде се врши ублажавање слике кроз нелинеарно филтрирање са Kuwahara филтром који за разлику од линеарних филтара ублаживача боље очувава ивице. Пример слике након предобраде је приказан на сл. 2 (в), где је коришћен правоугаони филтар димензија 5×5 пиксела са 4 преклапајућа блока димензија 3×3 пиксела и одзивом дефинисаним као средњом вредношћу пиксела у блоку са најмањом варијансом вредности пиксела.



Сл. 2. Илустрација екстракције 3D модела бубрега: (а) оригинална MRI слика абдомена; (б) слика након локалног појачавања контраста применом морфолошких операција са структурним елементима различитих величина; (в) ублажавање слике са Kuwahara филтром; (г) анализа повезаних компоненти у слици након бинаризације, приказане различитим бојама; (д-е) затварање повезаних компоненти које представљају орган и издвајање спољашње контуре органа; реконструкција спољашњег облика органа на основу издвојених еквиливантних равних контура интерполацијом спољашње површине (ж) ручно издвојене контуре; (з) предложени метод; (и) полуаутоматски метод са интерактивном „Grabcut“ сегментацијом органа.

Излаз наредног блока на сл. 1 је бинарна слика, при чему је вредност прага бинаризације фиксна и карактеристична за врсту органа и врсту снимка. Тако на пример, у случају бубрега, попречни пресек левог и десног бубрега се на узастопним сликама у оквиру исте MRI секвенце не појављују на исти начин, па се различите вредности прага морају користити за леву и десну половину слике. Праг се задаје једанпут ручно и не мења се у току реконструкције. У бинарној слици се траже повезане компоненте које по величини и положају одговарају унутрашњем органу који се сегментира у слици, сл. 2 (г). Затим се врши затварање главних повезаних компоненти и издвајање спољашње контуре органа, сл. 2 (д-е). Коначни модел органа се генерише у CAD програмском систему на основу издвојених еквидистантних контура, сл. 2 (з). При томе се претходно, уколико је потребно, ручно одбацују контуре са почетка и краја MRI секвенце на којима не постоји орган чији модел се генерише.

Како тачност метода највише зависи од начина издвајања спољашње контуре органа, предложени метод је, на примеру модела бубрега, упоређиван са два слична метода код којих се издвајање контура врши: ручно помоћу показивача и полуаутоматски кроз интеракцију са оператером за сваку од слика у секвенци. Резултати реконструкције су илустровани на сл. 2 (ж-и), а као објективна мера сличности између раванских контура је коришћен DSC коефицијент сличности (енгл. Dice Similarity Coefficient). Коефицијент показује колико се два независно сегментирана тродимензионална објекта или раванске контуре геометријски поклапају када се преклопе једна преко друге и дефинише се као однос прекопљене запремине (површине) и средње запремине (површине):

$$DSC(O_1, O_2) = \frac{V(O_1 \cap O_2)}{[V(O_1) + V(O_2)] / 2} \quad (5)$$

Поређење са наведена два приступа је вршено на примеру MRI снимка абдомена начињеног са скенером Siemens Trio Tim 3T уз убризгавање органског раствора за појачање контраста. Време снимања је било око 19 секунди уз задржавање даха, док је растојање између узастопних слика у оквиру секвенце 2.5 mm, а просторна резолуција 8-bit MRI слика коришћених за екстракцију 3D модела бубрега 256×160 пиксела. Ручно издвојене контуре попречног пресека бубрега помоћу показивача од стране експерта су коришћене као референтни резултат са којим су поређени резултати предложеног метода и полуаутоматског метода заснованог на “graph-cut” алгоритму за сегментацију.

За имплементацију предложеног метода је коришћен програмски језик Matlab, док је Grabcut алгоритам, заједно са корисничким интерфејсом за ручну иницијализацију алгоритма за сегментацију, реализован у програмском језику C++. Метод са којим је вршено поређење се сматра полуаутоматским јер на свакој слици пре сегментације захтева грубо означавање пиксела у слици који припадају органу и пиксела који представљају позадину. Међутим и предложени метод није у потпуности аутоматски јер захтева ручно задавање прага и уколико је потребно одбацивање слика са почетка и краја секвенце пре саме реконструкције.

Резултати поређења на датом примеру су приказани у табели 1 и упоредиви су са резултатима сличних метода присутних у литератури. На сличан начин, коришћењем израза (5), извршено је поређење и коначних запременских модела на сликама 2 (з) и 2 (и) са моделом генерисаним на основу ручно издвојених контура, сл. 2 (ж), и добијене

Табела 1. Поређење тачности метода за издвајања контура органа са ручно издвојеним контурама на примеру екстракције 3D модела бубрега. Просечне вредности DSC коефицијента за издвојене раванске контуре и њихова стандардна девијација.

DSC/S.D.	леви бубрег	десни бубрег	средња вредност	најбољи случај
Предложени метод	0.873	0.872	0.873	0.945
S.D.	0.059	0.080	0.068	
Полуаутоматски Grabcut метод	0.858	0.872	0.865	0.948
S.D.	0.094	0.089	0.091	

су вредности DSC коефицијента од 0.887 и 0.884, респективно.

Примена

Предложени метод за екстракцију 3D модела органа из медицинских MRI снимака се може користити као допуна постојећим 2D MRI скенерима.

Техничке карактеристике

- програмски језик MATLAB
- омогућава реконструкцију спољашњег облика органа на основу секвенце слика добијене снимањем пацијента са 2D MRI скенером
- алгоритам за аутоматску сегментацију органа на MRI сликама, посебно прилагођен за снимање органа сачињених од меких ткива
- тачност метода у рангу са постојећим методама за 3D реконструкцију спољашњег облика унутрашњих органа, које се заснивају на екстракцији еквилидистантних раванских контура попречног пресека органа дуж осе снимања
- може се користити као допуна постојећим 2D MRI скенерима за 3D визуелизацију органа