

**РЕФЕРАТ О ОЦЕНИ НАУЧНЕ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ  
ДИСЕРТАЦИЈЕ И ИСПУЊЕНОСТИ УСЛОВА КАНДИДАТА**  
Студијски програм: **Биомедицинско инжењерство и технологије**

Комисија у саставу

Др. Јована Петровић, научни саветник, ИНН „Винча“, Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду,

Др. Саша Радовановић, научни саветник, Институт за медицинска истраживања, Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду,

Проф. Др. Арсен Ристић, Медицински факултет, Универзитет у Београду

оформљена 10. 06. 2024. године одлуком Већа за студије при Универзитету у Београду доставља реферат о оцени докторске тезе

**„Развој методе за реконструкцију стандардног електрокардиограма из  
троканалног мобилног електрокардиограма и примена у детекцији инфаркта  
миокарда“**

кандидата

**Марјана Милетића, дипл. инж. електротехнике.**

**Основни подаци о кандидату и дисертацији**

Дипломирани инжењер електротехнике Марјан Милетић, рођен 21. априла 1983. у Зајечару, завршио је Математичку гимназију у Београду. Основне студије завршио је 2013. године на смеру Оптоелектроника и ласерска техника на Електротехничком факултету Универзитета у Београду са просечном оценом 9.7. У периоду од 2009. до 2014. године радио је у биомедицинском сектору на пословима развоја алгоритама за обраду ЕКГ сигнала и развоју телеметријских уређаја за мерење ЕКГ-а. Године 2014. уписао је докторске студије на студијском програму Биомедицинско инжењерство и технологије Универзитета у Београду. Од наредне 2015. године запослен је у Институту за нуклеарне науке Винча, у лабораторији са Атомску физику као истраживач приправник, истраживач сарадник, а од 2022. године ако стручни саветник.

Докторска дисертација под насловом „Развој методе за реконструкцију стандардног електрокардиограма из троканалног мобилног електрокардиограма и примена за детекцију инфаркта миокарда“ броји 109 страна и састоји се из 5 поглавља и то Увода, Закључка и 3 тематска поглавља: Карактеризација сувих електрода за преносиве паметне уређаје за мониторинг ЕКГ сигнала, Реконструкција 12-каналног ЕКГ сигнала методом 4 матрице и Валидација метода 4 матрице на

испитаницима са индукованом исхемијом. Резултати приказани у прва два тематска поглавља објављени су у часописима M23 и M22, респективно, док је валидација метода објављена у часопису реномираног издавача (Journal of American Congress of Cardiology) који кош увек нема импакт фактор. Дисертација се позива на 128 релевантних цитата.

## **Предмет и циљ докторске дисертације**

Кардиоваскуларне болести (КВБ) су водећи узрок смртности како у свету тако и у Србији. Чак 85% смрти од КВБ настаје услед можданог или срчаног удара (инфракта миокарда). Међутим, показано је да се правовременом интервенцијом може смањити стопа смртности, за шта је неопходна рана дијагностика пре доласка пацијента у болницу. Стога се велика пажња поклања развоју поузданих и економски приступачних технологија за дијагнозу КВБ, што подразумева развој нових уређаја и дијагностичких алгорита. Најчешће коришћен уређај у кардиолошкој дијагностици, како у скринингу тако и у клиници, је електрокардиограф (ЕКГ), па се највећи значај придаје унапређењу истог ка телеметрији и мерењима без присуства лекара.

Електрокардиограм са 12 одвода (ЕКГ) је златни стандард у кардиологији, а истовремено и најприступачнија метода праћења рада срца. Мале промене напона настале услед деполаризације срчаних структура детектују се електродама постављеним на тело пацијента и адекватном електроником. ЕКГ са 12 одвода захтева 10 прецизно утврђених мерних тачака за електроде повезане кабловима. Управо због великог броја електрода и каблова, класични ЕКГ је непрактичан за примену у кућним условима, током кретања или сталног праћења пацијента.

Пренос ЕКГ технологије у кућне услове захтева прецизно мерење уређајем са малим бројем канала који би омогућио мерење без присуства лекара, аутоматско слање резултата мерења лекару и повратну информацију пацијенту. Ради што тачније дијагнозе, потребно је да лекар добије ЕКГ у стандардној форми од 12 канала без губитка дијагностички значајних информација. Значајан помак ка смањењу броја електрода направљен је употребом EASI система који је базиран на квази-ортогоналном систему канала добијеним помоћу 4 електроде и уземљења, а чији се сигнали могу конвертовати у 12-канални ЕКГ коришћењем јединствене (универзалне) трансформационе матрице. Ипак, овај уређај није погодан за кућну употребу, због електрода које су повезане кабловима, што компликује примену у ургентним ситуацијама. Са друге стране, многе студије које се односе на мобилно мерење ЕКГ-а уређајима са једним каналом, нпр. AliveCor фирме Kardiamobil или Apple Watch фирме Apple, указују на значајно ограничење које се огледа у немогућности мерења тродимензионалног вектора срца. Ово за последицу има смањење корисних дијагностичких информација. Најупечатљивији пример је немогућност детекције инфаркта миокарда. Иако се 3-канални ЕКГ може измерити смештањем 1-каналног мобилног уређаја на одређене позиције на телу, при чему се сваки канал добија на другој позицији, овакво мерење није практично у ургентним ситуацијама.

Предмет предложене тезе је развој мобилног 3-каналног ЕКГ уређаја из чијих се сигнала може реконструисати 12-канални ЕКГ и који је погодан за мерење у

кућним условима.

Основни циљеви дисертације су развој и валидација алгоритма за реконструкцију 12-каналног ЕКГ сигнала из 3-каналног квази-ортогоналног ЕКГ сигнала која не доводи до значајне морфолошке промене у поређењу са референтним стандардним 12-каналним ЕКГ сигналом. Притом су за критеријуме значајности одступања од референтног 12-каналног сигнала узете математичке метрике одступања и прецизност реконструкције маркера инфаркта из реконструисаног 12-каналног сигнала.

Основне новине у методу мерења ЕКГ-а који је представљен у тези су конфигурација одвода које мери мобилни уређај и метод реконструкције 12-каналног ЕКГ-а, при чему је битно истаћи да је метод реконструкције главни допринос тезе. При констуркцији уређаја водило се рачуна и о применљивости изума, конкретно о перформансама сувих електрода и потреби да се реконструкционе матрице (матрице тренаформације) добију из несимултаних мерења 3- и 12-каналним ЕКГ-ом, нпр. код куће и у клиници, респективно. У тези су приказана иновативна решења за оба ова проблема.

Распоред електрода на прстима и грудима је такав да се генеришу квазиортогонални ЕКГ доводи, чиме се обезбеђује довољно информација о вектору срца и самим тим омогућава реконструкција 12-каналног ЕКГ-а. Реконструкција је извршена на нов начин, посебним третманом сегмената ЕКГ импулса (P, QRS, ST и T) и њиховим континуалним спајањем. За сваки сегмент је изведена матрица реконстуркције која се користи за реконсутрукцију свих касније измерених сигнала. Матрице реконструкције су индивидуалне (персонализоване) и изведене из несимултано снимљених 3- и 12-каналних ЕКГ сигнала. Испитивано је више типова електрода и утврђено да електроде сребро/сребро хлорид и орбитал имају најбоље преформансе у погледу контактне импедансе и њених варијација.

Резултати описани у дисертацији су од великог потенцијалног значаја за правремену детекцију нежењених акутних стања срца у кућним условима, од којих је најзанчајнија могућност детекције инфаркта миокарда.

## **Основне хипотезе од којих се се полазило у истраживању и њихова испуњеност**

У истраживању се пошло од 4 основне хитотезе и показано је да су оне испуњене:

- Предложена персонализована реконструкција сегмент по сегмент (P талас, QRS комплекс, T талас и ST сегмент) даје тачнији облик ЕКГ сигнала од реконструкције базиране на универзалној матрици.

Оцена испуњености: Реконструкција 4М методом упоређена је са реконструкцијом 1М методом која користи исте полазне одводе али јединствену матрицу за цео сигнал. 1М матрица је и даље персонализована. Показано је да је 4М метод даје тачнији облик од 1М метода за све коришчене метрике поређења. Посебно је значајна тачнија реконструкција угла срчаног вектора што за последицу има тачнију реконструкцију

поларитета Т таласа. Ово је од значаја зато што је инверзија Т талас један од показатеља инфаркта.

- Предложена реконструкција даје тачнији облик од комерцијалног EASI метода, који је референтни метод за мерења вектора срца малим бројем електрода (5 електрода).

Оцена испуњености: Реконструкција 4М методом упоређена је са реконструкцијом EASI методом која користи 5 електрода и јединствену матрицу за све пацијенте. EASI метод је широкоприхваћен и показано је да се из њега добро реконструишу одлике 12-каналног ЕКГ сигнала. У дисертацији је показано да је реконструкција предложеним 4М методом тачнија од реконструкције EASI методом у свим одводима осим у прекордијалним V4 и V5 одводима. Већа прецизност је објашњена персонализацијом и сегментацијом трансформације, а изузеци коинцидентним положајем EASI и V4 електрода. Поређење је изведено помоћу више метрика које описују облик сигнала и амплитуде сигнала у карактеристичним тачкама, као и угао који срчани вектор заклапа са осом I канала у фронталној равни. Међутим, показано је и да је EASI реконструкција у предности над 4М реконструкцијом у ST сегменту, што је објашњено грешкама при реконструкцији сигнала када је у свим тачкама узима вредности блиске нули. Притом налагашавамо да оба метода дају добре реконструкције свих сегмената.

- Нема значајне разлике између стандардног ЕКГ-а и 12-каналног ЕКГ-а добијеног снимањем и реконструкцијом предложеном овде у детекцији инфаркта миокарда.

Оцена испуњености: Хипотеза је проверена на сигналима из студије у којој је током ангинографије изазивана исхемија миокарда поређењем аутоматске анализе ST сегмента и алгорита који симулира кардиолога на реконструисаним и референтним 12-каналним ЕКГ сигналима. Веће разлике нису регистроване.

- Квалитет ЕКГ сигнала на мобилним телеметријским ЕКГ уређајима који користе бежичне електроде зависи од коришћеног типа електрода.

Оцена испуњености: Показано је да постоји зависност и да нису сви типови сувих бежичних електрода подједнако ефикасни у мерењу мобилног ЕКГ-а. Ag/AgCl електроде су идентификоване као оптималне по питању минимизације шума из електричне мреже, померања базне линије сигнала и дужине секвенце високог квалитета снимања, те су оне и примењене у даљим мерењима.

Дакле, закључујемо да су полазне хипотезе доказане, са малим изузецима за које су понуђена адекватна објашњења.

## Кратак опис садржаја дисертације

### Поглавље 1: Увод

У уводу је дат опис срца и срчаног циклуса. Представљен је начин мониторинга електричне функције срца и догађаји у току циклуса повезани су са карактеристикама ЕКГ сигнала. Ово је битно за истраживање представљено у тези пошто се квалитет реконструкције 12-каналног и 3-каналног ЕКГ-а оцењује и на основу глобалног слагања амплитуда реконструисаног и референтног сигнала и на основу слагања њихових дијагностички релевантних карактеристика, нпр. Р и Т таласа, QRS комплекса и ST сегмента. Циљ тезе је провера могућности правовремене детекције инфаркта мобилним ЕКГ-уређајем. Сходно томе, дат је кратак увод у инфаркт миокарда и његову манифестацију на ЕКГ сигналу. Дат је преглед мобилних ЕКГ уређаја и проблема које треба решити како би се они користили у дијагностици акутних срчаних стања.

Поглавље 2: Карактеризација сувих електрода за преносиве паметне уређаје за мониторинг екг сигнала

Циљ овог истраживања био је поређење перформанси различитих сувих електрода и одређивање оптималних електрода за примену у 3-каналном мобилном ЕКГ уређају. Представљена је експериментална поставка за снимање 1-каналних ЕКГ сигнала са различитих типова електрода на здравим испитаницима. Спроведена је анализа квалитета ових сигнала на нивоу промена основне линије сигнала и електромиографског шума (ЕМГ). Резултати су показали да су оптималне Ag/AgCl и Орбитал електроде и да се могу успешно користити у било ком облику (круг, правоугаоник). Орбитал електроде уграђене су у уређај који се користио у даљем истраживању.

### Поглавље 3: Реконструкција 12-каналног ЕКГ сигнала методом 4 матрице

У овом поглављу приказана је нова метода за реконструкцију 3-каналног из 12-каналног ЕКГ-а и спроведена студија чији је циљ био оцена квалитета реконструкције.

4М методом се уводи нов начин реконструкције сегмент по сегмент. Притом су калибрационе метрице персонализоване, а сама калибрација не захтева симултано мерење референтног и калибрационог сигнала. Први корак је калибрација четири матрице, а други њихова примена на 3-канални ЕКГ да би се добио 12-канални ЕКГ. Калибрација се ради на репрезентативном срчаном импулсу, у овом случају на медијану, који се дели на 4 сегмента: Р талас, QRS комплекс, ST сегмент и Т талас, и за сваки до њих се методом најмањих квадрата израчунава матрица трансформације. Реконструкција 12-каналног ЕКГ сигнала се добија сегментацијом целог 3-каналног ЕКГ сигнала и множењем сваког од сегмената одговарајућом трансформационом матрицом. Дисконтинуитети између реконструисаних сегмената се додатно коригују градијентним транзијентним матрицама у зонама дисконтинуитета.

Да би се проверио квалитет реконструкције, изведена је студија у којој су са здравих добровољаца прикупљени некоинцидентни ЕКГ снимци за стандардног

12-каналног ЕКГ-а, мобилног ЕКГ-а и ЕКГ-а са EASI конфигурацијом електрода. Применом корелације амплитуда и срчаних вектора, као и Поасонове корелације дијагностички релевантних карактеристика сигнала утврђено је да 4М метода прецизно реконструира облик и испитиване карактеристике сигнала. Поређењем 1М и 4М метода, који се разликују по томе што користе једну матрицу за цео сигнал и 4 матрице сегмент по сегмент, респективно, утврђено је да је 4М метода прецизнија. 4М метода је упоређена и са конкурентном EASI методом која такође користи једну неперсонализовану матрицу. Утврђена је предност 4М методе са изузетима реконструкције изоелектричног ST сегмента и прекордијалних V4 и V5 одвода.

Поглавље 4: Валидација метода 4 матрице на испитаницима са индукованом исхемијом

Да би се тестирале могућности детекције инфаркта помоћу мобилног ЕКГ-а и реконструисаног ЕКГ сигнала, извршено је поређење утврђивања елевације или депресије ST сегмента као биомаркера инфаркта из реконструисаног и стандардног ЕКГ-а и то на два начина. Прво је упоређен квалитет реконструкције овог сегмента током изазваног инфарктног стања на начин описан у поглављу 3, а затим и поређење читавања стандардног и реконструисаног сигнала помоћу алгорита који следи препоруке дате кардиолозима, тј. симулира кардиолога. Исхемија је изазвана PCI методом. Резултати показују да је квалитет реконструкције висок, то да се инфаркт може детектовати са тачношћу од 93% уколико се користи диференцијални ЕКГ снимак (разлика између тренутног и референтног) и 71% уколико се користи само тренутни ЕКГ снимак.

Снимци са здравих испитаника и испитаника са симулираним инфарктом миокарда добијени су мобилним телеметријским 3-каналним ЕКГ уређајем и стандардним ЕКГ уређајем са стандардном и са EASI конфигурацијом електрода. Тиме ће се омогућити калибрација и валидација методе реконструкције 12-каналног ЕКГ-а и одређивање перформанси реконструисаног ЕКГ-а у дијагнози инфаркта миокарда.

Поглавље 5: Закључак

У закључку су резултати објективно упоређени са хипотезама и назначени су правци даљег истраживања ради даљег унапређења мобилног ЕКГ-а и његове примене на друге дијагнозе. Један правац подразумева унапређење 4М метода реконструкције, а други директну дијагностику из 3-каналног ЕКГ сигнала.

## **Остварени резултати и научни допринос дисертације**

Доприноси дисертације су у области биомедицинског инжењерингу, мултидисциплинарне области која спаја електроинжењерство са медицином у сврху развоја нових уређаја за примене у дијагностици и лечењу. Основни доприноси тезе су следећи:

- Развијен је нов метод реконструкције стандардног ЕКГ-а из 3-каналног мобилног ЕКГ-а. Калибрација се може извршити несимултаним мерењем.
- Показано је да је 4М метод даје одличне резултате који за већину дијагностички релевантних карактеристика ЕКГ сигнала имају боље перформансе од широкопримењеног EASI метода.
- Показано је да је 12-канални ЕКГ добијен снимањем 3-каналним ЕКГ-ом и реконструкцијом сигнала 4М методом довољно доброг квалитета за детекцију инфаркта миокарда по критеријуму елевације-депресије ST сегмента.
- Показано је да овај биомаркер очитан са диференцијалног сигнала, тј. разлике референтног снимка направљеног пре инфаркта и снимка током инфаркта, даје значајно бољу предикцију инфаркта него биомаркер очитан са сигнала добијеног током инфаркта.
- Ag/AgCl и Орбитал електроде доприносе одличном квалитету мобилних ЕКГ-а снимака. Квалитет је бољи него када се користе Ag, Au и INOX електроде.

Сви горенаведени доприноси су значајни за развој будућих стратегија правремене детекције инфаркта које ће омогућити нови телемедицински уређаји, али и самог мобилног ЕКГ-а.

### **Објављени и саопштени резултати који чине део докторске дисертације.**

Овде дајемо кратак преглед радова који приказују резултате добијене током дисертације по М категоријама:

- 3 рада у часопису M22 (1 први аутор, 2 коаутор)
- 1 рад у часопису M23 (1 коаутор)
- 6 саопштења са међународних конференција штампаних у целини (M33)
- 7 саопштења са међународних конференција штампаних у изводу (M34)
- 3 саопштења са домаћих конференција штампаних у изводу (M64)
- 5 међународно признатих патената (M91)
- 1 објављен патент (M94)

Комисија оцењује је овим кандидат задовољио критеријуме за докторску тезу дате у Правилнику о докторским студијама на Универзитету у Београду.

Листа публикација дата је у Прилогу 1.

### **Закључак са образложењем научног доприноса докторске дисертације**

Резултати истраживања представљени у дисертацији доприносе развоју нових ЕКГ уређаја и метода за телеметријско мерење кардиоваскуларне функције. Значајне предности горепредстављеног метода над тренутно коришћеним мобилним методама су могућност мерења тродимензионалног вектора срца и реконструкције 12-каналног ЕКГ сигнала из 3-каналног мерења. Резултати истраживања представљају корак телеметријској детекцији инфаркта миокарда и самим тим смањењу смртности од истог. Доприноси тезе наведени у претходном поглављу

овог извештаја су битни како за развој мобилних ЕКГ уређаја који се могу користити и за друге дијагнозе као и за праћење дрчане функције код здравих људи.

На основу свега изнетог у овом извештају закључујемо да докторска дисертација Марјана Милетића даје значајан допринос развоју и примени мобилних ЕКГ уређаја и нових дијагностичких процедура, а посебно диференцијалног метода детекције инфаркта, као и смернице за њихово даље техничко усавршавање. Резултати дисертације публиковани у релевантним часописима на SCI (од скоро JCR) листе високог су квалитета и испуњавају услове задате Правилником о докторским студијама на Универзитету у Београду.

На основу квалитета докторске дисертације, доприноса и резултата кандидата закључујемо да он испуњава услове за стицање звања доктора наука.

У Београду, 19.07.2024. год.

Др. Јована Петровић, научни саветник  
Институт за нуклеарне науке „Винча“

---

Др. Саша Радовановић, научни саветник  
Институт за медицинска истраживања

---

Др. Арсен Ристић, редовни професор  
Медицински факултет, Универзитет у Београду

---



## Прилог 1

### 1. Библиографија кандидата (категорисано према категоризацији надлежног Министарства)

M22:

1. ***Accurate reconstruction of the 12-lead electrocardiogram from a 3-lead electrocardiogram measured by a mobile device***, M. Miletić, V. Atanasoski, P. Beličev, G. Gligorić, U. Ralević, J. Kršić, A. Obradović, A. Lazović, D. Stojanović, J. Petrović, Member, IEEE, R. Babić, D. Vukajlović, L. Hadžievski, B. Bojović, D. Panescu, Fellow, IEEE, and B. Vajdić, vol. 12, pp. 79765-79775, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3408412, June 2024.
2. ***Light propagation inside 'cavity' formed between nonlinear defect and interface of two dissimilar one-dimensional linear photonic lattices***, Slavica Kuzmanović, Marija Stojanović Kراسić, Daniela Milović, Marjan Miletić, Ana Radosavljević, Goran Gligorić, Aleksandra Maluckov and Milutin Stepić, submitted to EPJD Atomic, Molecular, Clusters and Plasma Physics (European Physical Journal D), Volume 69 - Issue 9 - Year 2015.
3. ***Real-time chest-wall-motion tracking by a single optical fibre grating: a prospective method for ventilator triggering***, Ivanović MD, Petrovic J, Savić A, Gligorić G, Miletić M, Vukčević M, Bojović B, Hadžievski L, Allsop T and Webb DJ, *Physiol Meas.* 39, issue 4, doi: 10.1088/1361-6579/aab7ac., 2018.

M23:

4. ***Properties of different types of dry electrodes for wearable smart monitoring device***, L Popovic-Maneski, M Ivanovic, V Atanasoski,, M Miletic, S Zdolsek, B Bojovic, Lj Hadzievski, *Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik*, volume 65, issue 4,pp. 405-415, doi: 10.1515/bmt-2019-0167, Aug 2020.

M(with impact):

5. ***A database of simultaneously recorded ECG signals with and without EMG noise***, Vladimir Atanasoski, Jovana Petrovic, Lana Popović Maneski, Marjan Miletić, Miloš Babić, Aleksandra Nikolić, Dorin Panescu, Marija D. Ivanović, *IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology* ,pp 1 – 4, doi: 10.1109/OJEMB.2023.3330295, Nov 2023
6. ***A morphology-preserving algorithm for denoising of EMG-contaminated ECG signals***, Vladimir Atanasoski, Jovana Petrovic, Lana Popović Maneski, Marjan

Miletić, Miloš Babić, Aleksandra Nikolić, Dorin Panescu, Marija D. Ivanović, IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology, volume 5, pp 296–305. doi: 10.1109/OJEMB.2024.3380352, mar 2024.

M (No impact):

7. ***Coronary Artery Occlusion Detection Using 3-Lead ECG System Suitable for Credit Card-Size Personal Device Integration***, Alexei Shvilkin, Dejan Vukajlović, Boško P. Bojović, Ljupčo R. Hadžievski, Branislav Vajdic, Vladimir A. Atanasoski, Marjan N. Miletić, Peter J. Zimetbaum, C. Michael Gibson, Vladan Vukčević, JACC: Advances, Volume 2, Issue 6, doi: 10.1016/j.jacadv.2023.100454, Aug 2023

M33:

8. ***SimEMG database as a tool for testing the preservation of diagnostic ECG-signal features upon the electromyographic noise removal***, Vladimir Atanasoski, Marija Ivanovic, Lana Popović Maneski, Marjan Miletić, Miloš Babić, Aleksandra Nikolić and Jovana Petrovic, 11th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETTRAN 2024, Niš, Serbia.
9. ***Rib-Cage-Movement Measurements as a Potential New Trigger Signal in Non-invasive Mechanical Ventilation***, M Ivanović, J Petrović, M Miletić, A Daničić, B Bojović, M Vukčević, B Lazović, Z Gluvić, Lj Hadžievski, T Allsop and D J Webb, 37th Annual International IEEE EMBS Conference, Conference proceedings, pp. 4511-4514, Milano, Italy, 2015.
10. ***Heart failure detection using multiparametric cardiac measurement system***, M. Miletić, M. D. Ivanović, B. Bojović, IcETPAH 2016, 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, pp 52-52, Zlatibor, Serbia, 2016.
11. ***Signal Quality in Reconstructed 12-Lead Ambulatory ECGs Recorded Using 3-Lead Device***, Marija D. Ivanovic, Marjan Miletic, Ida Subotic, Darko Boljevic, Ljupco Hadzievski, Dorin Panescu, and Bosko Bojovic, 41th Annual International IEEE EMBS Conference, Conference proceedings, pp 5481-5487, doi: 10.1109/EMBC.2019.8857251, Berlin, Germany, 2019.
12. ***Validation of the new wearable instrument for the pendulum test based on inertial sensors***, M. Miletić, V. Atanasoski, J. Kršić, A. Lazović, L. Popović-Maneski, IcETPAH 2020, 7th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, pp 25-25, Belgrade, Serbia, 2020.
13. ***Multiparameter monitoring of cardiovascular function***, Aleksandar Lazović, Natalija Đorđević, Predrag Tadić, Marija Ivanović, Vladimir Atanasoski, Marjan

Miletić, Ljupčo Hadžievski, Arsen Ristić, Vladan Vukčević, Jovana Petrović, 2nd International Conference on Chemo and BioInformatics, pp 43-50, doi: 10.46793/ICCB23.043L, Kragujevac, Serbia, Sep 2023.

M34:

14. ***A long-period fibre grating sensor for respiratory monitoring***, M D Ivanović, J Petrović, A Daničić, M Miletić, M Vukčević, B Bojović, Lj Hadžievski, T Allsop and D J Webb, PHOTONICA 2015, V International School and Conference on Photonics, Book of Abstracts, p. 168, Belgrade, Serbia, 2015.
15. ***Fibre-Grating Sensors of Movement for Applications in Medical Diagnostics***, M. Ивановић, J. Петровић, A. Danicic, M. Милетић, Б. Бојовић, М. Vukcevic, Љ. Хаџиевски, Т. Allsop, D. Webb, Inera conference Light in nonoscience and nonotechnology 2015, Book of abstract, , pp. 48 - 48, Hissar, Bulgaria, 2015.
16. ***Application of multiparametric cardiac measurement system in ejection fraction calculation***, M Miletić, M D Ivanović, L. Popović Maneski, B Bojović, PHOTONICA 2017, VI International School and Conference on Photonics, Book of Abstracts, p. 112, Belgrade, Serbia, 2017.
17. ***Fibre-grating sensors of curvature for respiration monitoring in non-invasive mechanical ventilation***, J.Petrovic, M Ivanovic, A Savic, G Gligoric, M Miletic, M Vukcevic, B Bojovic, L Hadzievski, T Allsop and D Webb, Photon 2018, Book of Abstracts, pp 62-62, Aston University, Birmingham, UK, 3-6 September 2018.
18. ***Long-period grating sensors for the measurement of apexcardiogram***, M. Miletic, J. Krsic, V. Atanasoski, M. Ivanovic and B. Bojovic, PHOTONICA 2019, VII International School and Conference on Photonics, p. 116, Belgrade, Serbia, 2019.
19. ***Optical fiber grating sensors for the measurement of superficial temporal artery pulsations***, J.Krsic, M.Miletic, V.Atanasoski, Lj.Hadzievski, M.Ivanovic, PHOTONICA 2019, VII International School and Conference on Photonics, Book of Abstracts, p. 106 Belgrade, Serbia, 2019.
20. ***EDMAID: Increased Heart Attack Diagnostic Accuracy for Emergency Departments***, Marjan Miletić, Vladimir Atanasoski, Goran Gligorić, Marija Ivanović, Petra P. Beličev, Boško Bojović, Branislav Vajdić, Ljupčo Hadžievski and Dorin Panescu, 43rd Annual International IEEE EMBS Conference, Book of Abstracts, pp. ?, Virtually, 2021.

[https://embs.papercept.net/conferences/conferences/EMBC21/program/EMBC21\\_ContentListWeb\\_4.html](https://embs.papercept.net/conferences/conferences/EMBC21/program/EMBC21_ContentListWeb_4.html)

M64:

21. ***Multiparametric biomedical measurements for applications in cardiac disease diagnostic***, M. Miletić, L. Popović Maneski ,B. Bojović, 9th Photonics Workshop, Book of Abstracts, p. 25, Kopaonik, Serbia, 2016.
22. ***Application of long-period fibre grating sensors in triggering non-invasive mechanical ventilation***, M. D. Ivanović , J. Petrović, M. Miletić, A. Daničić, M. Vukčević, B. Bojović, Lj. Hadživski, T. Allsop, D. J. Webb, 9th Photonics Workshop, Book of Abstracts, p. 15, Kopaonik, Serbia, 2016.
23. ***Ejection fraction calculation using multiparametric cardiac measurement system***, M. Miletić, M. D. Ivanović, L. Popović Maneski ,B. Bojović, 10th Photonics Workshop, Book of Abstracts, p. 31, Kopaonik, Serbia, 2017.

M91:

24. ***Mobile three-lead cardiac monitoring device and method for automated diagnostics (apparatus)***, United States Patent US10117592B2, Bosko Bojovic, Ljupco Hadzievski, Vladan Vukcevic, Uros Mitrovic, **Marjan Miletic**, Patent granted, Issue Date: November 6, 2018.  
<https://patentcenter.uspto.gov/#!/applications/15632155>
25. ***Mobile three-lead cardiac monitoring device and method for automated diagnostics (method)***, United States Patent US10433744B2, Bosko Bojovic, Ljupco Hadzievski, Vladan Vukcevic, Uros Mitrovic, **Marjan Miletic**, Patent granted, Issue Date: October 8, 2019.  
<https://patentcenter.uspto.gov/#!/applications/15096159>
26. ***Electrocardiogram patch devices and methods***, United States Patent US11071490B1, Branislav Vajdic Dorin Panescu, Bosko Bojovic, Ljupco Hadzievski, Vladan Vukcevic, Uros Mitrovic, Marjan Miletic, Patent granted, Issue Date: July 27, 2021  
<https://patentcenter.uspto.gov/#!/applications/17202299>
27. ***Method and apparatus for reconstructing electrocardiogram (ECG) data***, United States Patent US11445963B1, Petra Belicev, Bosko Bojovic, Ljupco Hadzievski, Branislav Vajdic, Vladimir Atanasoski, Goran Gligoric, **Marjan MILETIC**, Patent granted, Issue Date: September 20, 2022

<https://patentcenter.uspto.gov/applications/17494806>

28. ***Ambulatory electrocardiogram patch devices and methods***, **International Patent** WO2022147520A1, Branislav Vajdic, Dorin Panescu, Bosko Bojovic, Ljupco Hadzievski, Vladan Vukcevic, Uros Mitrovic, Marjan MILETIC, Patent granted, Issue Date: July 7, 2022  
<https://patentimages.storage.googleapis.com/7b/f1/4c/b72db1141e68e7/WO2022147520A1.pdf>

M94:

29. ***Prenosni uređaj sa integrisanim elektrodama za snimanje, obradu i prenos abdominalnog ekg-a sa tri odvoda***, V. Atanasoski, M. Subašić, P. Beličev, **M. Miletić**, **The Intellectual Property Office of the Republic of Serbia**, patent application No.: P-2023-0407, 2023.

# Razvoj metode za rekonstrukciju standardnog ele...

By: Marjan Miletić

As of: Jul 12, 2024 7:14:45 AM  
38,153 words - 77 matches - 45 sources

Similarity Index

2%

Mode: Summary Report ▼

## sources:

72 words / < 1% match - from 23-Jun-2024 12:00AM  
[vinar.vin.bg.ac.rs](http://vinar.vin.bg.ac.rs)

29 words / < 1% match - from 14-Jan-2024 12:00AM  
[vinar.vin.bg.ac.rs](http://vinar.vin.bg.ac.rs)

36 words / < 1% match - Internet from 04-Nov-2017 12:00AM  
[fedorabg.bg.ac.rs](http://fedorabg.bg.ac.rs)

27 words / < 1% match - Internet  
[Nikolić, Vladimir M.. "Copolymers obtained by grafting of vinyl monomers on starch - influence of amines on synthesis and degradation processes in environment", Универзитет у Београду, Хемијски факултет, 2013](#)

20 words / < 1% match - from 25-May-2024 12:00AM  
[fedorabg.bg.ac.rs](http://fedorabg.bg.ac.rs)

8 words / < 1% match - Internet from 29-May-2018 12:00AM  
[fedorabg.bg.ac.rs](http://fedorabg.bg.ac.rs)

8 words / < 1% match - Internet  
[Ponjavić, Marijana M.. "Synthesis, characterization and application of biodegradable block copolymers based on poly\(e-caprolactone\) and poly\(ethylene oxide\)", Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет, 2017](#)

60 words / < 1% match - Crossref  
[Lana Popović-Maneski, Marija D. Ivanović, Vladimir Atanasoski, Marjan Miletić et al. "Properties of different types of dry electrodes for wearable smart monitoring devices", Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik, 2020](#)

55 words / < 1% match - Internet from 05-Dec-2022 12:00AM  
[dais.sanu.ac.rs](http://dais.sanu.ac.rs)

46 words / < 1% match - from 10-May-2023 12:00AM  
[core.ac.uk](http://core.ac.uk)

---

40 words / < 1% match - Internet from 29-Dec-2022 12:00AM  
[www.degruyter.com](http://www.degruyter.com)

---

28 words / < 1% match - Internet from 06-Nov-2017 12:00AM  
[fedorani.ni.ac.rs](http://fedorani.ni.ac.rs)

---

8 words / < 1% match - Internet  
[Krstić, Jovana N.. "Mineralni i polifenolni profil zelenog, crnog, biljnih i voćnih filter čajeva i njihov antioksidativni kapacitet", Univerzitet u Nišu, Prirodno-matematički fakultet, 2017](#)

---

16 words / < 1% match - Internet  
[Valenta Šobot, Ana. "The effects of reference monoterpene compounds and Gentiana lutea root extract on apoptosis and necroptosis in human peripheral blood mononuclear cells", Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet, 2022](#)

---

12 words / < 1% match - Internet from 06-Oct-2022 12:00AM  
[nardus.mpn.gov.rs](http://nardus.mpn.gov.rs)

---

8 words / < 1% match - from 16-Jun-2023 12:00AM  
[nardus.mpn.gov.rs](http://nardus.mpn.gov.rs)

---

32 words / < 1% match - Internet from 03-Aug-2014 12:00AM  
[sportlogia.com](http://sportlogia.com)

---

30 words / < 1% match - Internet  
[Smith, Gerard Hayden. "Development of a portable ECG and electronic stethoscope device for screening cardiovascular disease in rural locations.", Stellenbosch : Stellenbosch University, 2018](#)

---

28 words / < 1% match - ProQuest  
[Matic, Branislava B.. "Uticaj rezima padavina na retencioni kapacitet i upravljanje vodama na slivu", University of Novi Sad \(Serbia\), 2020](#)

---

21 words / < 1% match - from 31-May-2024 12:00AM  
[pdffox.com](http://pdffox.com)

---

17 words / < 1% match - ProQuest  
[Papovic, Snezana. "Fizicko-hemijska karakterizacija binarnih smesa jonskih tecnosti i laktona i njihova primena kao elektrolita za litijum-jonske baterije", University of Novi Sad \(Serbia\), 2020](#)

---

17 words / < 1% match - Internet from 04-Oct-2022 12:00AM

[cinc.org](http://cinc.org)

---

9 words / < 1% match - Internet

[Gavrilov, Nemanja M.. "Application of carbonized nanostructured polyaniline in electrocatalysis and electrical energy storage", Универзитет у Београду, Факултет за физичку хемију, 2013](#)

---

6 words / < 1% match - Internet

[Jovanović-Čupić, Snežana P.. "Conserved properties of hepatitis C genotype 1b proteins as prognostic markers of response to pegylated interferon and ribavirin combination therapy", Универзитет у Београду, Биолошки факултет, 2012](#)

---

14 words / < 1% match - ProQuest

[Kovačević, Mila. "Uticaj poremećaja Acidobaznog Statusa Na Tok i Prognozu Akutnog Infarkta Miokarda Sa Elevacijom St Segmenta", University of Novi Sad \(Serbia\), 2023](#)

---

14 words / < 1% match - Internet from 12-Nov-2020 12:00AM

[eur-lex.europa.eu](http://eur-lex.europa.eu)

---

12 words / < 1% match - from 22-Dec-2023 12:00AM

[dergipark.org.tr](http://dergipark.org.tr)

---

10 words / < 1% match - Internet from 09-Sep-2022 12:00AM

[elibrary.matf.bg.ac.rs](http://elibrary.matf.bg.ac.rs)

---

10 words / < 1% match - Internet from 10-Oct-2021 12:00AM

[open.metu.edu.tr](http://open.metu.edu.tr)

---

10 words / < 1% match - Internet from 22-Oct-2022 12:00AM

[rimi.imi.bg.ac.rs](http://rimi.imi.bg.ac.rs)

---

10 words / < 1% match - Internet from 24-Aug-2013 12:00AM

[www.nuklearniobjekti.rs](http://www.nuklearniobjekti.rs)

---

9 words / < 1% match - ProQuest

[Lonaar, Davor. "Definisanje lipofilnosti, farmakokinetičkih parametara i antikancerogenog potencijala novosintetisane serije stiril laktona.", University of Novi Sad \(Serbia\), 2020](#)

---

9 words / < 1% match - ProQuest

[Ostojic, Vladimir. "Integrirana multiveliainska obrada radiografskih snimaka.", University of Novi Sad \(Serbia\), 2020](#)

---



9 words / < 1% match - Internet from 19-Apr-2022 12:00AM  
[academic.oup.com](http://academic.oup.com)

---

9 words / < 1% match - Internet from 04-Nov-2022 12:00AM  
[phaidrabg.bg.ac.rs](http://phaidrabg.bg.ac.rs)

---

9 words / < 1% match - Internet from 17-Jun-2021 12:00AM  
[sr.wikipedia.org](http://sr.wikipedia.org)

---

9 words / < 1% match - from 29-Sep-2023 12:00AM  
[tablete.co](http://tablete.co)

---

8 words / < 1% match - Crossref  
[Hanamanth S Kaleli, Vasudev Dehalwar. "Generation of Synthetic ECG Signal Using Generative Adversarial Network With Transformers", 2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies \(ICCCNT\), 2023](#)

---

8 words / < 1% match - ProQuest  
[Lakatos, Robert. "Primena i razvoj metoda za odredivanje radona i torona u zemljištu i vazduhu radi procene radonskog potencijala.", University of Novi Sad \(Serbia\), 2020](#)

---

8 words / < 1% match - Internet from 23-Oct-2022 12:00AM  
[aspace.agrif.bg.ac.rs](http://aspace.agrif.bg.ac.rs)

---

8 words / < 1% match - Internet from 31-Aug-2016 12:00AM  
[docslide.us](http://docslide.us)

---

8 words / < 1% match - Internet from 03-Jul-2020 12:00AM  
[www.cris.uns.ac.rs](http://www.cris.uns.ac.rs)

---

8 words / < 1% match - Internet from 27-Sep-2022 12:00AM  
[www.teses.usp.br](http://www.teses.usp.br)

---

6 words / < 1% match - Internet  
[Cvetković, Mirjana. "The metabolomic study of the Balkan species of the genus Amphoricarpos Vis. \(Asteraceae\)", Универзитет у Београду, Хемијски факултет, 2019](#)

---

6 words / < 1% match - Internet from 20-Nov-2020 12:00AM  
[dr.nsk.hr](http://dr.nsk.hr)

---

paper text:

## ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Извршен је преглед извештаја о провери оригиналности докторске дисертације **„Развој методе за реконструкцију стандардног електрокардиограма из троканалног мобилног електрокардиограма и примена у детекцији инфаркта миокарда“** аутора Марјана Милетића која је спроведена помоћу софтвера iThenticate.

Утврђено је следеће:

- Укупан степен подударности текста дисертације са јавно доступним документима је 2%. Не постоји подударање ни са једном пуном реченицом било ког текста.
- Подударају се искључиво синтагме од неколико речи попут *на слици је приказано, из тога следи, може се закључити.*
- Постоји преклапање основних једначина и које се као такве не могу сматрати плагијатом.

Изјављујемо да извештај о провери оригиналности докторске дисертације доказује потпуну оригиналност докторске дисертације **„Развој методе за реконструкцију стандардног електрокардиограма из троканалног мобилног електрокардиограма и примена у детекцији инфаркта миокарда“** аутора Марјана Милетића.

Минимални утврђени степен преклапања, који је немогуће избећи, ни на који начин не нарушава оригиналност дисертације. Стога предлажемо да се пописани поступак припреме за њену одбрану настави.

Београд, 19.07.2024.

Ментори:

Др Лана Поповић Манески  
, виши научни сарадник,  
Институт техничких наука САНУ, Београд

Проф. др. Владан Вукчевић  
, ванредни професор,  
Медицински факултет Универзитета у Београду.