

# Web bazirani merni sistem za monitoring telesnog stanja

Zdravko Gotovac, Milica Mitrović, Platon Sovilj, *Member, IEEE*, Đorđe Novaković, *Member, IEEE*, Ivan Gutai, *Member, IEEE*

**Apstrakt**—U ovom radu je prikazan razvoj jednog kompaktnog veb baziranog senzorskog sistema, koji se koristi u svrhe nadgledanja temperature, ritma disanja i srčanog ritma ispitanika. Razvoj ovog sistema je zasnovan na korišćenju već postojećih, besplatnih ili relativno pristupačnih hardverskih i softverskih rešenja.

**Ključne reči**—Arduino UNO, MongoDB Atlas, senzorski sistem, Google G Suite, Python

## I. UVOD

Rad predstavlja projekat iz predmeta veb bazirani merno akvizicioni sistemi, i osmišljen je tako da objedini gradivo iz više različitih predmeta. Kompaktni sistem za monitoring stanja pacijenta projektovan je tako da se smanje troškovi neophodni za njegovu izradu i održavanje, a da se u isto vreme implementiraju novodosupne besplatne tehnologije. Uzimajući u obzir značajno veće cene uređaja trenutno dostupnih na tržištu, motivacija je bila da se obezbedi finansijski pristupačan uređaj koji bi mogao da prati vitalne parametre korisnika, što bi moglo da pruži velike zdravstvene benefite. Slični sistemi se već nalaze u pametnim satovima, ali treba napomenuti da je njihova preciznost je značajno manja, kao i to da nekim potencijalnim korisnicima nisu neophodne ostale mogućnosti koji oni pružaju, a koje bi morao da plati.

Delovi od kojih se projekat razvoja sastoji su:

- A. dizajniranje kola za akviziciju
- B. povezivanje i učitavanje rezultata merenja
- C. pravljenje baze podataka upotrebom MongoDB Atlas servisa
- D. importovanje podataka iz baze u Google G Suite aplikacije
- E. dizajniranje i izrada veb-sajta
- F. prikaz podataka iz baze na veb-sajtu

Projekat je podeljen u diskretne delove da bi se jednostavnije mogle vršiti izmene prilikom izrade, kao i zbog

Zdravko Gotovac – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija (e-mail: gotovaczdravko17@gmail.com).

Milica Mitrović – Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija (e-mail: milica.mitroviczv@gmail.com).

Platon Sovilj – Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (e-mail: platon@uns.ac.rs)

Đorđe Novaković – Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (e-mail: djordjenovakovic@uns.ac.rs).

Ivan Gutai – Fakul. tet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija (e-mail: gutai@uns.ac.rs).

potencijalne mogućnosti unapređivanja pojedinačnih delova rada, kao i rada u celini.

## II. FAZE U RAZVOJU SISTEMA

### A. Dizajniranje kola za akviziciju

Prilikom izrade projekta postojala je mogućnost da se koriste već napravljeni senzori, ali odlučeno je da se naprave kola za akviziciju za potrebe rada. Kola za akviziciju za koje smo se odlučili, i koji su ispunjavali kriterijume neophodne za izradu projekta su pulsni detektor, detektor udisaja i kolo za akviziciju telesne temperature. Kola za akviziciju su napravljena u „trough hole“ tehnologiji, i prvo su napravljeni prototipovi pločica, a nakon toga su napravljene i štampane pločice.

Pulsni detektor je kolo za akviziciju koje služi za detekciju pulsa koristeći TCRT1000 optokapler tako što se on postavlja na krvni sud. Infracrvena LED sa optokaplera emituje zračenje koje se reflektuje, nakon čega ga detektuje uparena foto dioda. Prilikom pulsiranja krvi kroz krvni sud, zbog postojanja hemoglobina u crvenim krvnim zrnima, intenzitet reflektovanog zračenja se menja, što dovodi do promene signala na emiteru foto diode. Taj signal se kasnije pojačava. Ono na šta je potrebno obratiti pažnju je filtriranje neželjenih signala, upotrebom filtarskih kola koja se nalaze u sastavu pojačavača. Filtri su napravljeni tako da propuštaju samo signale frekvencija od 0,1 Hz do 2,5 Hz, gde se može naći vrednost pulsa.

Detektor udisaja je napravljen upotrebom merne trake koja se nalazi prikačena na rastegljivi pojas, koji se povezuje oko abdomena korisnika. Merna traka je povezana kao naponski razdelnik u kombinaciji sa otpornikom fiksne vrednosti. Prilikom disanja traka se rasteže i skuplja, što dovodi do promene odnosa napona koji se nalaze na otporniku i mernoj traci. Taj signal se dalje pojačava i filtriraju se smetnje.

Kolo za akviziciju telesne temperature se sastoji iz dva dela. Prvi je senzor LM35 koji povezan na duže žice da bi se mogao lakše koristiti. Drugi je pojačavačko i filtarsko kolo.

Svaki od kola za akviziciju napaja se sa Arduino mirokontrolera, koji nam pruža mogućnost unipolarnog napajanja. To napajanje može da bude od 0 V do 3,3 V ili od 0 V do 5 V.

To se može uraditi jer operacioni pojačavači koji se nalaze u kolima za akviziciju, kao i ostale aktivne električne komponente mogu da budu unipolarno napajane.

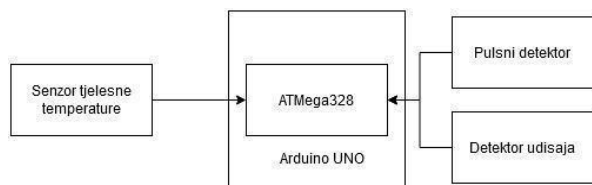
Na pinove koji služe za priključivanje svakog od tri kola za akviziciju povezani su u paraleli keramički kondenzator male

kapacitivnosti i elektrolitički kondenzator veće kapacitivnosti, koji služe za stabilizaciju napojnog signala.

U paraleli vezana sa kondenzatorima, nalazi se zaštitna dioda, koja sprečava da kolo prepri u slučaju nepravilnog povezivanja kola za akviziciju.

### B. Povezivanje i učitavanje rezultata merenja

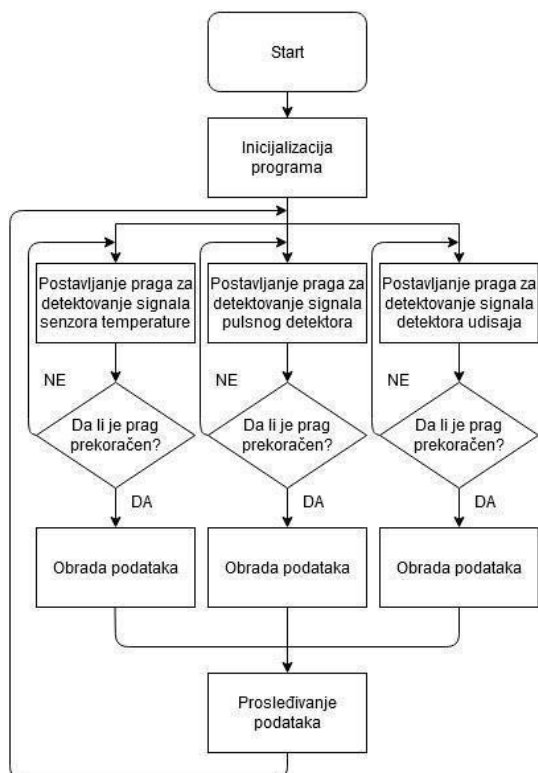
Kola za akviziciju su povezana na Arduino UNO, slika 1, i moguće je očitavanje merenja preko obe vrste pinova (analognih i digitalnih pinova), ali u ovom konkretnom primeru kola za akviziciju su povezana koristeći analogne pinove.



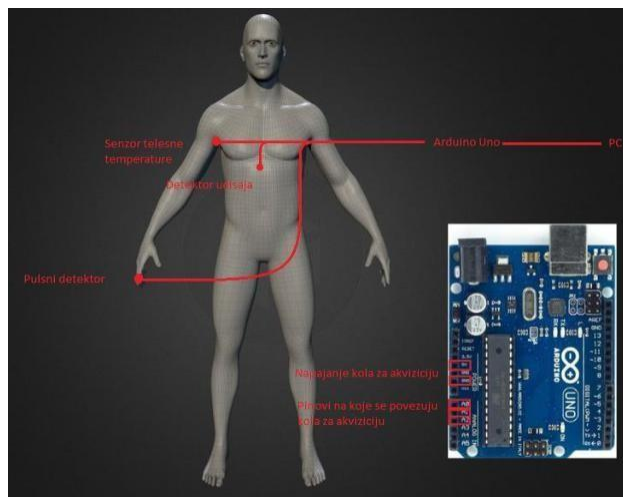
Sl. 1. Šema povezivanja senzora

Rezultati se očitavaju sa ulaznih analognih pinova, slika 3, koristeći ADC konvertor, zbog čega se ne vrši istovremeno učitavanje rezultata sa više različitih ulaznih analognih pinova (ADC konverter može da očitava signal samo sa jednog pina i konvertuje ga, ne postoji mogućnost paralelizacije očitavanja), nego se periodično očitavaju signali sa analognih pinova.

Za potrebe detekcije pulsa i detekcije udisaja mogli su se koristiti i digitalni pinovi jer se signali koje daju kola za akviziciju mogu izmeniti propuštanjem kroz ispravljачko kolo.



Sl. 2. Programski algoritam za akviziciju podataka



Sl. 3. Lokacije senzora, i pinovi na razvojnoj ploči na koje su povezani

### C. Pravljenje baze podataka upotrebom MongoDB Atlas servisa

Bilo je neophodno napraviti bazu podataka na koju će se slati podaci koji su očitavani sa kola za akviziciju.

Baza podataka koja je odabrana je MongoDB, zbog toga što je relativno nova baza podataka sa dosta naprednih opcija, kao i mogućnošću korišćenja "cloud based" baze podataka, što je i upotrebljeno prilikom izrade rada. Neophodno je ući na MongoDB Atlas [1] servis, i napraviti nalog. Nalog je povezan sa Gugl nalogom i možemo da odaberemo besplatnu verziju na koju je moguće besplatno smestiti 512 MB podataka (što je i više nego što nam je potrebno za izradu projekta).

### D. Importovanje podataka iz baze u Google G Suite aplikacije

MongoDB baza podataka takođe je povezana sa Google G Suite [2] aplikacijskim paketom. Da bi to uradili, neophodno je omogućiti komunikaciju MongoDB baze podataka sa Gugl Tabelama i Gugl Diskom.

To je obavljeno preko veb-huk (webhook) aplikacije, koja je kreirana u MongoDB Atlasu koristeći Stitch [3] servis, i ona je URL tipa. Neophodno je napisati program koji skida podatke i skladišti ih u Gugl Tabele.

Da bi napisali jedan takav program treba napraviti novu radnu svesku u Gugl Tabelama, i u postavkama moguće je napisati programsku skriptu u JavaScript jeziku za prikupljanje podataka iz baze podataka.

Pokretanje skripte je moguće izvršiti upotrebom različitih okidača (trigger) u Gugl Kloud Konzoli [4] koje možemo podesiti da se izvršavaju na različite načine (vremenski ili događajem izazvani). Za skriptu koja je napisana za potrebe importovanja podataka iz baze podataka upotrebljen je vremenski okidač (svaki minut).

U konzoli, pored koda za importovanje podataka iz baze podataka, napisan je i program za eksportovanje podataka iz Gugl Tabela u Gugl Disk u vidu JSON datoteke. Pokretanje skripte je podešeno preko okidača tako da svaki put kada se promeni radna sveska, podaci se eksportuju u vidu JSON

datoteke (tako svaki put kada nam pristignu podaci posredstvom import programa, eksport program biva pokrenut).

#### E. Dizajniranje i izrada veb-sajta

Veb-sajt je napravljen preuzimanjem besplatne html-css skripte [5] koja je izmenena tako da odgovara projektu. Uslovi koji su morali da se ispune prilikom izmene skripte su: skalabilnost (jednostavna mogućnost dodavanja stranica i elemenata veb-sajtu), univerzalno formatiranje (mora postojati univerzalnost prikaza na različitim uređajima) i jednostavno vizuelno prezentovanje elemenata.

Web hosting je obezbeđen na AWS serveru [6], što se i može videti kada se pogleda veb-adresa sajta.

#### F. Prikaz podataka iz baze na veb-sajtu

Poslednji deo projekta bio je prikazivanje podataka koji su smešteni u bazu podataka u vidu grafika i tabele. To je bilo moguće jednostavno obezbediti upotrebom Charts srevisa [7] iz MongoDB Atlas-a.

U Charts-u možemo da napravimo tabelu i grafik, tako što

kreiramo novi Dashboard, i u njemu kreiramo grafik i tabelu.

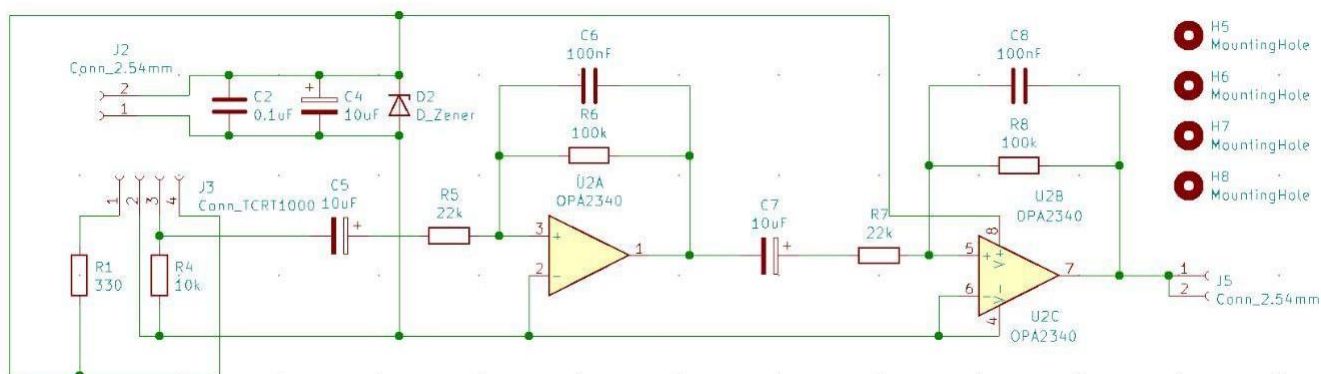
Kada to uradimo, izaberemo opciju uključivanja chart-a u druge skripte (Embed Chart), gde je moguće podesiti veličinu, boje i brzinu osvežavanja podataka koje grafik i tabela koriste. Taj izmenjeni kod moguće je proslediti u veb-sajtu.

### III. REZULTATI

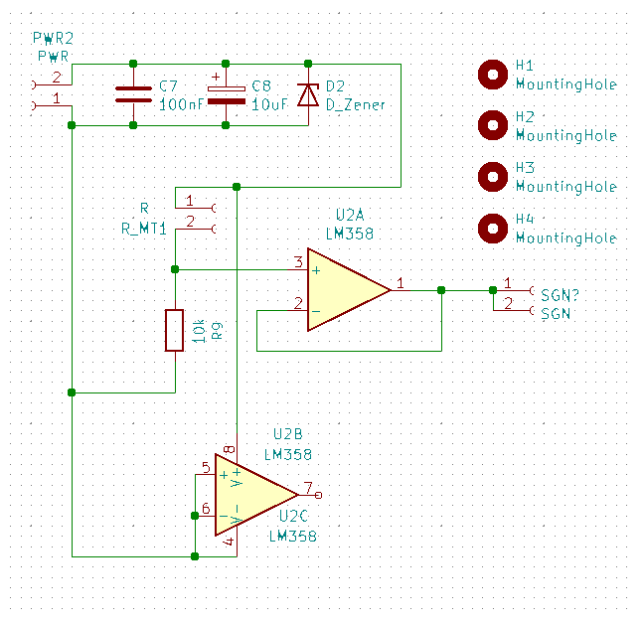
#### A. Prikaz kola za akviziciju

Kola za akviziciju su prvo testirana softverski u vidu simulacije električnih kola u LTspice [8] programskom okruženju, što je prikazano na slikama 4, 5 i 6. Testirana kola za akviziciju su nakon toga skicirana u KiCad [9] programskom paketu, gde je obavljeno i dizajniranje štampanih pločica.

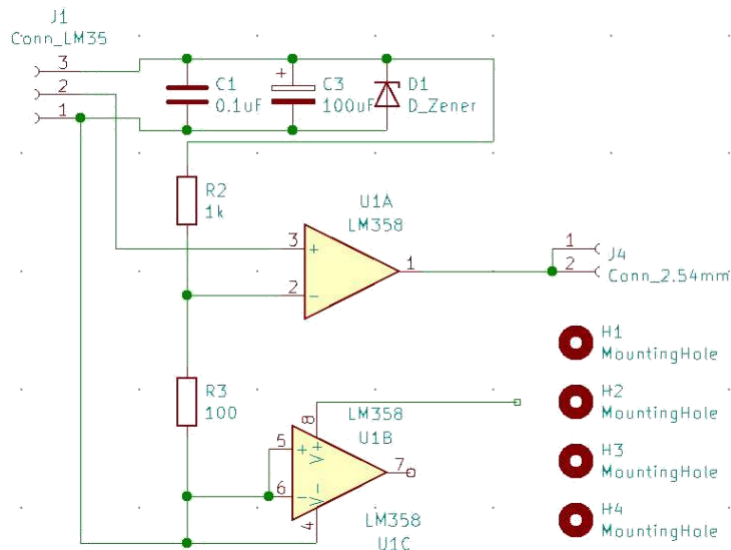
Izgled 3D modela pločica se može videti na slici 7.



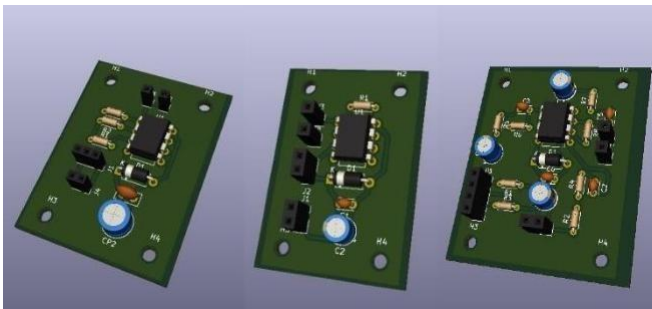
SI. 4. Kolo za akviziciju pulsa



SI. 5. Kolo za akviziciju frekvencije udisaja



Sl. 6. Kolo za akviziciju telesne temperature

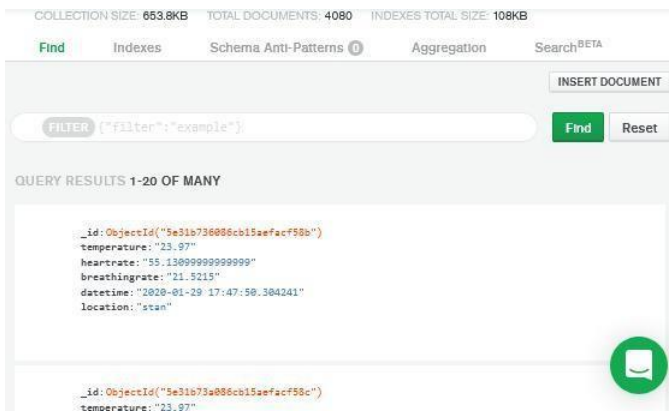


Sl. 7. 3D model štampanih pločica senzora

### B. Prikaz merjenja podataka smeštenih u MongoDB Atlas

Podaci koji su poslani u MongoDB Atlas upotrebom Python programske skripte mogu se pogledati u polju klasteri u MongoDB Atlas servisu.

Napisani su u vidu Python rečnika koji je veoma jednostavan za pregledanje jer razdvaja pojedinačne objekte i reda ih po vremenu dodavanja u kolekciju, kao što je prikazano na slici 8.



Sl. 8. Kolekcija koja je korištena iz MongoDB baze podataka

### C. Prikaz rezultata smeštenih u Gugl Tabele

Radna sveska koja je napravljena za potrebe prikazivanja podataka eksportovanih iz naše baze podataka može biti izmenjena tako da su podaci prezentovani na estetski adekvatniji način, kao i za potrebe pravljenja raznih statističkih modela i grafika.

TABELA II  
PODACI SAČUVANI U GUGL TABELE APLIKACIJI

temperature	heart rate	breathing rate	datetime	location
24.0	55	21	29/01/2020 17:47	stan
24.0	55	21	29/01/2020 17:47	stan
24.0	55	21	29/01/2020 17:47	stan
24.0	55	21	29/01/2020 17:47	stan
24.0	55	21	29/01/2020 17:48	stan
24.0	55	21	29/01/2020 17:48	stan
24.0	55	21	29/01/2020 17:48	stan
24.0	55	21	29/01/2020 17:48	stan

### D. Prikaz JSON datoteke eksportovane u Gugl Disk

Prilikom eksportovanja podataka u Gugl Disk moguće je odabrati, ili kreirati, posebnu lokaciju za smeštanje JSON datoteke. Datoteku je takođe moguće u isto vreme podeliti sa više korisnika i programa.

### E. Prikaz veb-stranice dizajnirane za prezentovanje podataka u obliku tabele i grafika

Veb-stranica je optimizovana za prikazivanje na pc, laptop i mobilnim uređajima kao što je prikazano na slikama 9 i 10.



Sl. 9. Veb-stranica „MONITOR STANJA“ pokrenuta na android mobilnom uređaju

datetime	location	breathingrate	heartrate	temperature
2020-01-09 20:19:21.021002	stan	21.9215	55.13000000000000	23.97
2020-01-09 20:19:17.777338	stan	21.474	55.016	23.92
2020-01-09 20:19:16.550350	stan	21.43500000000000	54.92300000000000	23.88
2020-01-09 20:19:14.341304	stan	21.43500000000000	54.92300000000000	23.88
2020-01-09 20:19:12.132259	stan	21.43500000000000	54.92300000000000	23.88
2020-01-09 20:19:09.921139	stan	21.43500000000000	54.92300000000000	23.88
2020-01-09 20:19:07.696478	stan	21.43500000000000	54.92300000000000	23.88
2020-01-09 20:19:05.483393	stan	21.43500000000000	54.92300000000000	23.88
2020-01-09 20:19:03.273844	stan	21.38540000000000	54.80800000000000	23.83
2020-01-09 20:19:01.062273	stan	21.474	55.016	23.92
2020-01-09 20:18:58.859322	stan	21.38540000000000	54.80800000000000	23.83
2020-01-09 20:18:56.641800	stan	21.43500000000000	54.92300000000000	23.88
2020-01-09 20:18:54.433343	stan	21.43500000000000	54.92300000000000	23.88
2020-01-09 20:18:52.241680	stan	21.43500000000000	54.92300000000000	23.88

Sl. 10. Veb-stranica „MONITOR STANJA“ pokrenuta na windows računaru

### IV. ZAKLJUČAK

Na osnovu priloženog može da se vidi da je izrada jednog ovakvog sistema za nadzor pacijenta izuzetno pristupačna i jednostavna. Naravno ono što je bitno je to da nije ni finansijski zahtevna.

Postoji mogućnost upotrebe već napravljenih senzora, bez potrebe da se izrađuju novi posebno za implementaciju u ovakvom sistemi. Platforma za akviziciju podataka se takođe može promeniti tako da odgovara specifičnim zahtevima potencijalnog korisnika.

Treba spomenuti i mogućnost skaliranja sistema, tako da bi se moglo dodati još senzora, i da se može vršiti monitoring više pacijenata.

### ZAHVALNICA

Milica Mitrović i Zdravko Gotovac žele da se zahvale Đorđu Novakoviću, Ivanu Gutaiu, Platonu Sovilju i Draganu Pejiću na korisnim diskusijama i savetima, kao i na obezbeđivanju potrebne opreme prilikom izrade rada.

### LITERATURA

- [1] <https://www.mongodb.com/cloud/atlas>
- [2] <https://gsuite.google.com/>
- [3] <https://www.mongodb.com/stitch>
- [4] <https://console.cloud.google.com/>
- [5] <https://templated.co/>
- [6] [https://aws.amazon.com](https://aws.amazon.com/)
- [7] <https://www.mongodb.com/products/charts>
- [8] <https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>
- [9] <https://kicad-pcb.org/>

### ABSTRACT

In this paper is shown development of a compact web based sensory system, which is being used for purposes of monitoring body temperature, breathing rate and heart rate of user.. Development of this complete system is based upon usage of existing, free or relatively inexpensive hardware and software solutions.

### Web based measurement system for body monitoring

Milica Mitrović, Zdravko Gotovac, Platon Sovilj, Đorđe Novaković, Ivan Gutai