

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

**Prepričljive tehnologije za spodbujanje pravilne drže telesa
pri sedenju**

(Persuasive technologies for promoting correct sitting posture)

Ime in priimek: Luka Zorč

Študijski program: Računalništvo in informatika

Mentor: doc. dr. Matjaž Kljun

Somentor: asist. dr. Klen Čopič Pucihar

Somentor: doc. dr. Peter Rogelj

Koper, september 2016

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Luka ZORČ

Naslov zaključne naloge: Prepričljive tehnologije za spodbujanje pravilne drže telesa pri sedenju

Kraj: Koper

Leto: 2016

Število listov: 57

Število slik: 15

Število prilog: 2

Število strani prilog: 2

Število referenc: 79

Mentor: doc. dr. Matjaž Kljun

Somentor: asist. dr. Klen Čopič Pucihar

Somentor: doc. dr. Peter Rogelj

Ključne besede: Prepričljive tehnologije, Računalniški vid, Ergonomija, Interakcija človek-računalnik

Izvleček:

Zaključna naloga obravnava tematiko prepričljivih tehnologij v povezavi z nepravilnim sedenjem. Po opisu pravilne drže sedenja so predstavljene dosedanje uporabljene metode opazovanja in spodbujanja pravilnega položaja telesa, razdeljene na video zaznavo in zaznavo s pomočjo senzorjev. Opisane so tudi prednosti in slabosti takih metod. Nato je predstavljeno področje prepričljivih tehnologij, tako teoretično kot tudi s prikazom primerov uporabe. Za potrebe raziskave smo izdelali rešitev, ki predstavlja nov pristop pri spodbujanju pravilne sedeče drže z uporabo pametnega telefona usmerjenega v uporabnika. Telefon za zaznavanje ukrivljenosti hrbtenice uporablja kamero in računalniški vid. Opisane so funkcijske in sistemske zahteve rešitve in podrobno je razložena implementacija prototipa. S pomočjo izdelane programske opreme je izvedena raziskava na avtorju v obdobju 30. ur. Predstavljena je metoda merjenja sedenja in namestitvev prototipa. Poleg merjenja sedenja s telefonom je uporabljena tudi študija z dnevnikom. Rezultati študije kažejo, da se je kakovost sedenja izboljšala, kar nakazuje, da rešitev pomaga pri vzpostavitvi boljše drže hrbtenice pri sedenju.

Key words documentation

Name and SURNAME: Luka ZORČ

Title of the final project paper: Persuasive technologies for promoting correct sitting posture

Place: Koper

Year: 2016

Number of pages: 57

Number of figures: 15

Number of appendices: 2

Number of appendix pages: 2

Number of references: 79

Mentor: Assist. Prof. Matjaž Kljun, PhD

Co-Mentor: Assist. Klen Čopič Pucihar, PhD

Co-Mentor: Assist. Prof. Peter Rogelj, PhD

Keywords: Persuasive technology, Computer vision, Ergonomy, Human-computer interaction

Abstract: The thesis presents the use of persuasive technologies in promoting correct sitting posture. After describing the latter, the thesis continues with description of methods for observing and promoting better body posture. Two main categories emerge: video detection and detection by the means of sensors, and advantages as well as disadvantages of both are presented. The thesis also covers theoretical background of persuasive technologies and presents examples of their use. For the purposes of this thesis, we designed and developed a novel solution for promoting the correct sitting posture using a smartphone's camera for detecting a posture of users and notifying them about incorrect postures. We describe functional and system requirements and our solutions in details. Author of this thesis used the prototype developed over a period of 13 days and spent with it 30 hours. The prototype was evaluated in a self-reflection study together with automatically gathered logs on the phone. The study results show that such a solution can indeed improve sitting posture.

Zahvala

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Matjažu Kljunu in somentorjema asist. dr. Klenu Čopič Pucihar in doc. dr. Petru Roglju za trud, ki so vložili v to zaključno nalogo. Hvala tudi družini, ki mi je omogočila študij, puncu, ki mi je stala ob strani in FAMNITU.

Kazalo vsebine

1	Uvod	1
2	Pregled področja	3
2.1	Sedenje	3
2.2	Dosedanje metode opazovanja položaja telesa	5
2.2.1	Zaznavanje z računalniškim vidom	5
2.2.2	Zaznava s pomočjo senzorjev	6
2.3	Prepričljive tehnologije	8
2.3.1	Primeri uporabe prepričljivih tehnologij	12
2.3.2	Primeri uporabe prepričljivih tehnologij za spodbujanja pravilne drže telesa	13
2.4	Ocena primernosti obstoječih rešitev zaznave in izboljšanja položaja sedenja	13
3	Zasnova	15
3.1	Funkcijske zahteve	15
3.2	Sistemske zahteve	17
4	Implementacija prototipa	19
4.1	Izdelava prototipa	19
4.1.1	Uporabniški vmesnik	19
4.1.2	Algoritem prepoznavanja pravilne drže	21
4.2	Aplikacija in prepričljive tehnologije	25
5	Evaluacija prototipa	27
5.1	Metoda	27
5.2	Namestitev	28
5.3	Izvedba	28
5.4	Rezultati raziskave	29
5.4.1	Bolečina v hrbtu	29
5.4.2	Raven koncentracije in nepravilna drža	30
5.4.3	Vpliv prototipa na pravilno držo pri sedenju	31

5.4.4	Ostale ugotovitve	34
5.5	Nadaljnje delo	34
6	Zaključek	36
7	Literatura in viri	38

Kazalo slik

1	Pravilni sedeči položaj telesa [1].	4
2	Foggova mreža vedenja [2].	10
3	Foggov vedenjski model [2].	11
4	Trije deli telesa in njihovi idealni koti pri sedenju.	16
5	Konfiguracija sistema.	17
6	Shema delovanja sistema.	19
7	Prikaz interakcije in preklopa med različnimi stanji aplikacije.	21
8	Barvni model HSV [3].	23
9	Kontura in težišče majice.	24
10	Črte na hrbtenici.	25
11	Subjektivna raven bolečine v hrbtu skozi čas	30
12	Povprečje opozoril na stopnjo koncentracije.	30
13	Odstotek opozoril v razmerjem s časom.	31
14	Povprečne vrednosti kotov treh delov hrbtenice v razmerju s časom.	32
15	Vrednosti kotov treh delov hrbtenice v razmerju s časom.	33

Kazalo prilog

A Študija z dnevnikom

B Rezultati meritev aplikacije

Seznam kratic

<i>PEO</i>	Portable Ergonomic Observation
<i>USB</i>	Universal Serial Bus
<i>PCA</i>	Principal Component Analysis
<i>CAPRIO</i>	Context Aware Posture Recognition In Offices
<i>BAN</i>	Body Area Network
<i>WLAN</i>	Wireless Local Area Network
<i>EMG</i>	Elektromiografija
<i>FBM</i>	Fogg Behavioural Model
<i>RGB</i>	Red Green Blue
<i>HSV</i>	Hue Saturation Value

1 Uvod

Današnji način življenja in dela od ljudi zahteva veliko sedenja. Poleg pisarniškega dela in šole, sedenje vključuje tudi ostale dnevne aktivnosti, kot so gledanje televizije, uporabo računalnika, igranje video iger, branje, vožnja s prevoznimi sredstvi, druženje itd. V zadnjih desetletjih se je zaradi modernizacije in tehnološkega napredka količina časa sedenja povečala [4]. Ocenjuje se, da polovico budnega časa preživimo v sedečem položaju [5]. S povečevanjem časa sedenja se povečuje tudi telesna neaktivnost, ki je vzrok mnogih bolezni, kot so debelost, visok krvni tlak, diabetes, anksioznost, depresija, rak debelega črevesa, bolečina v križu itd. [4, 6–10].

Težava sedenja ni le premalo gibanja, ampak tudi nepravilna drža pri sedenju. Večina ljudi ne skrbi za pravilno držo telesa, pri katerem bi bile upoštevane ergonomske zakonitosti [11].

Tveganj nepravilne drže pri sedenju je veliko, od ovirane zmožnosti za širitev pljuč in bolečine v hrbtenici do bolečin vratu in bolečin v čeljusti itd. [12–17] Nepravilno sedenje vpliva tudi na učinkovitost dela, tako da zmanjša produktivnost [18] in povzroča visoke stroške za javno zdravstvo, saj nepravilna drža 80% ljudem povzroča zdravstvene težave vsaj enkrat v življenju [11]. Ocenjuje se, da so v ZDA stroški zdravljenja bolečine v hrbtu in vratu v letu 2005 znašali 86 milijard dolarjev [19].

Namen zaključne naloge je reševanje problema napačne drže med sedenjem z uporabo prepričljivih tehnologij [*ang. Persuasive Technologies*]. Prepričljive tehnologije so pojem, ki opisuje uporabo tehnologije z namenom spremembe stališč in vedenja uporabnikov preko prepričevanja in družbenega vpliva brez uporabe prisile [20]. Redno se uporabljajo v prodaji, diplomaciji, usposabljanju, javni upravi in ne nazadnje v javnem zdravstvu. V sklopu naloge bomo zasnovali, izdelali in preizkusili sistem za ozaveščanje uporabnika o nepravilni drži med sedenjem. Sistem bo temeljil na konceptu prepričljivih tehnologij in bo deloval v realnem času.

V naslednjem poglavju bomo predstavili pregled področja sedenja in prepričljivih tehnologij. Poglavje podrobneje predstavlja pravilno držo za delo za računalnikom, dosedanje metode opazovanja položaja sedenja ter predstavitev rezultatov teh metod in dosedanje metode spodbujanja pravilne drže telesa. V nadaljevanju poglavje predstavi prepričljive tehnologije, predstavi primere uporabe in prikaže, kako bomo tehnologijo uporabljali v nalogi. V tretjem poglavju naloga opisuje funkcijske in sistemske zahteve,

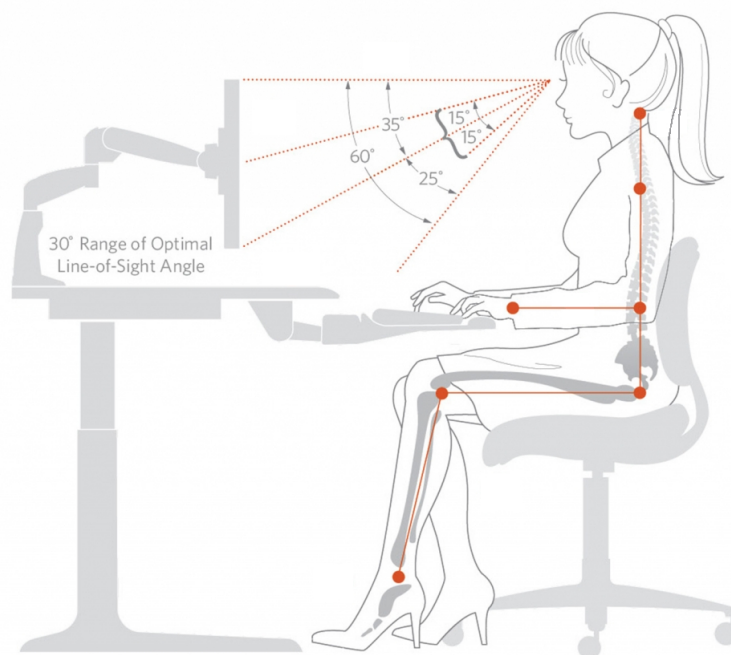
ki jim mora zadostiti naša rešitev. Prototip zasnovane rešitve natančno opišemo v četrtem poglavju, kjer opišemo tudi zasnovano interakcijo človek – računalnik. Peto poglavje predstavlja evaluacijo prototipa in zaključuje nalogo.

2 Pregled področja

V tem poglavju je predstavljen pregled področja, ki smo ga razdelili na predstavitev teoretičnih osnov pravilne drže telesa pri sedenju, pregled metod opazovanja drže telesa in teoretični pregled prepričljivih tehnologij.

2.1 Sedenje

V literaturi je opisanih več različnih pravilnih položajev sedenja [21, 22]. Definicije pravilnega sedečega položaja so si zelo podobne, v nalogi pa bomo uporabljali najpogosteje omenjano definicijo Evropske agencije za varnost in zdravje pri delu [23]. V njej je opisana pravilna ureditev delovne postaje tako, da omogoča delavcem ohraniti nevtralni položaj telesa oz. udobno delovno držo, pri kateri so sklepi v naravnem položaju. Dodatne lastnosti takega položaja so, da zmanjšuje stres, obremenjenost mišic, kit in okostja ter tako zmanjšuje tveganja za razvoj kostno-mišičnih obolenj, preprečuje utrujenost, napenjanje oči in glavobol. Kljub dejstvu, da je nevtralen položaj telesa lahko tudi stoječ, se bomo v sklopu zaključne naloge osredotočili le na sedeč položaj.



Slika 1: Pravilni sedeči položaj telesa [1].

Značilnosti sedečega nevtralnega položaja telesa (glej Sliko 1) so:

- glava je zravnana pravokotno na tla, pogled je uprt naravnost v zaslon;
- zgornji rob slike zaslona mora biti v višini oči;
- razdalja med nami in zaslonom mora biti vsaj dolžine naše roke;
- rameni sta sproščeni, zgornji del rok normalno visi ob strani telesa;
- na stolu sedimo čim bolj nazaj, da ima hrbet pravilno oporo; spodnji del hrbta se mora tesno prilegati hrbtnišču stola;
- kot med koleni in hrbtenico naj bo od 90 do 110 stopinj;
- komolci so ob telesu in so upognjeni v kotu, ki meri od 90 do 120 stopinj;
- roke, zapestja in podlakti, so usmerjene naravnost naprej, v črti s tlemi in približno vzporedno z njimi;
- kolena so v višini bokov ali malenkost nižje, stopala so pomaknjena nekoliko naprej;

- podplati naj se tal dotikajo v celotni dolžini, pomaga pa lahko tudi podpora za noge.

Ker pri sedenju večino časa mirujemo, je treba poleg pravilne drže v delovnem času poskrbeti tudi za zadostno razgibanje. Kot pravilno telesno držo bomo izbrali držo, v kateri je hrbet poravnana pravokotno na tla, torej tako, da je kot med hrbtenico in koleno 90 stopinj. Ker gre za prototipno aplikacijo izdelano v obsegu zaključne naloge, smo izbrali stol brez podpore za hrbtenico. S tem smo poenostavili problem zaznavanja položaja hrbtenice ob uporabi računalniškega vida.

2.2 Dosedanje metode opazovanja položaja telesa

Obstojećih metod, ki so izključno namenjene zaznavanju položaja sedenja ni veliko. Večina metod, opisanih v tem poglavju, je namenjena sledenju gibanja telesa in zaznavanju različnih položajev (na primer hoji, stoječemu položaju itd.). Kljub temu dejstvu je obstoječe metode mogoče uporabiti tudi za zaznavanje položaja sedenja.

Da bi zaznali, ali je oseba v pravilnem sedečem položaju, moremo najprej zaznati njen položaj. Načini zaznavanja položaja telesa se delijo v splošnem na dve metodi: prva uporablja video zaznavo telesa s pomočjo računalniškega vida, druga pa uporablja senzorje, nastavljene na telo ali na stol. Mogoča je tudi kombinacija obeh ali uporaba drugih ne-tehnoloških rešitev kot na primer PEO (Portable Ergonomic Observation). Slednja temelji na prisotnosti dodatne osebe, ki začne ali konča merjenje, ko merjena oseba preide v vnaprej določen položaj.

2.2.1 Zaznavanje z računalniškim vidom

V zadnjih dveh desetletjih je bilo narejenih veliko raziskav, v katerih se je uporabljajo različne pristope za zaznavanje telesa s pomočjo kamer. V novejšem pregledu področja raziskav na to temo [24] ti pristopi lahko uporabijo eno ali več kamer (s katerimi se izdelava 3D model telesa), neposredno analizo videa v realnem času ali kasnejšo analizo slik pridobljenih iz videa, 3D modela telesa ali pa delujejo brez modelov. Rezultati kažejo, da je mogoče zaznati ljudi v dokaj statičnem okolju, na primer v pisarni. Mogoče je tudi zgraditi 3D model telesa z eno samo kamero in to uporabljati za zaznavo telesnega položaja.

Metodo z eno kamero in analizo položajev telesa uporabnikov na predhodno pridobljenih slikah so na primer uporabili Lee et al. [25]. Slike so analizirali z uporabo Markovskih verig tako, da so zaznavali različne telesne kazalnike, iz katerih so lahko prepoznali položaj telesa. Metodo z več kamerami [26] so uporabili Loke et al., pri čemer so uporabili 4 kamere za izdelavo 3D modela telesa. Pri njihovem pristopu so

prepoznali celo značilnosti obraza, rok in prstov. V študiji Zhao et al. [27] pa so uporabili sekvenco več slik, pridobljenih iz ene same kamere, za izdelavo 3D modela telesa. Video zaznavo so uporabili tudi v kombinaciji z metodo PEO, ki daje zelo verodostojne rezultate, vendar zahteva fizično prisotnost osebe, ki ocenjuje položaj telesa s pomočjo PEO programa [28]. Težave video analize nastanejo, ko je potrebno nadzirati veliko število ljudi. Še večja težava pa je zasebnost uporabnikov.

Ocenjevanje položaja telesa se uporablja za različne namene. Na primer za spremljanje starejših oseb, kot alternativo spremljanja njihovih vitalnih parametrov [29] so uporabili 3D kamero, ki je omogočala tudi natančno zaznavo globine. Ali pa za spremljanje utrujenosti voznikov osebnih vozil tako, da so zaznavali del obraza okoli oči in ust [30]. Zaznavanje položaja telesa so uporabili tudi za ugotavljanje konteksta v pisarni [31]; na primer oseba vstopi v pisarno, oseba je na telefonu, oseba odpira omaro itd. Za specifično zaznavanje položaja sedenja pa so Mu et al. v svoji raziskavi uporabili video zaznavo obraza uporabnika tako, da so s kamero na računalniškem zaslonu merili razdaljo uporabnika od ekrana s pomočjo Hausdroffove razdalje [32].

Glede obstoječih komercialnih izdelkov so najzanimivejši Posture Minder [33], Philips Ergo Sensor [34] in Visiomate [35]. Vsi trije sistemi delujejo podobno kot prej omenjena študija, z merjenjem razdalje med kamero in obrazom [32]. Posture Minder je kamera, ki jo namestimo na zaslon računalnika tako, da nas snema neposredno v obraz. S pomočjo odkrivanja razdalje obraza/glave od zaslona nas nato opozarja, ali sedimo pravilno. Philips Ergo Sensor deluje podobno, le da je integriran v zaslon in ga ni mogoče integrirati v obstoječe sisteme. Visiomate deluje podobno kot prva dva, le da ta uporablja ultrazvočni senzor razdalje, ki se namesti na zaslon in poveže z obstoječim sistemom kot zunanjo USB napravo.

Pregled področja razkriva, da je z uporabo računalniškega vida mogoče zaznati pravi položaj sedenja. Kljub temu pa imajo obstoječe rešitve določene pomanjkljivosti kot na primer: (i) dodajanje video kamer v prostor predstavlja težavo zasebnosti, kar je posebej problematično, ko kamer ne upravlja opazovana oseba, (ii) nenatančno zaznavanje položaja sedenja, ki temelji le na zaznavanju relativni poziciji obraza/glave, (iii) potreba po dodatni strojni opreми, (iv) nezdržljivost z obstoječo strojno opremo.

2.2.2 Zaznava s pomočjo senzorjev

Za zaznavo položaja telesa se uporabljajo tudi raznovrstni senzorji. Najpogostejši so senzorji pritiska telesa na stol. V uporabi so tudi merilci razdalje, ki merijo razdaljo med naslonjalom stola in hrbtom uporabnika (podobno kot Visiomate [35]). V porasti so tudi rešitve, ki uporabljajo merilnike pospeška, in pametna oblačila opremljena z različnimi senzorji [*e-textiles*, *smart garments*, *smart clothing*, *electronic textiles*, *smart*

textiles, ali smart fabrics].

Senzorji na stolu:

Senzorji sile se uporabljajo na stoličih za zaznavo zasedenosti stola ter za zaznavo položaja sedenja osebe na stolu. Na primer, če so senzorji postavljeni na naslonjalu stola, lahko izvemo, ali je oseba naslonjena in ali sloni samo z ledvenim predelom hrbta ali s celotnim hrbtom. Tan et al. [36] so senzorje sile uporabljali za klasificiranje sedečih položajev. Definirali so množico statičnih sedečih položajev in uporabili metodo, imenovana PCA (Principal Component Analysis), s katero je sistem prepoznal 10 različnih sedečih položajev z 79-odstotno točnostjo za nove uporabnike in 96-odstotno točnostjo za znane uporabnike. Kamiya et al. [37] so s podobno metodo pridobili rezultate z natančnostjo 98,9% in 93,9%. Podobno analizo so naredili tudi Huang et al. [38] medtem, ko so McCormick et al. [39] opazovali še ali so naslonjala za roke v uporabi, ali je v uporabi ledvena opora in ali je naslonjalo nagnjeno.

Senzorje sile so uporabili tudi v t. i. metodi *Preslikava pritiska* [ang. *Pressure mapping*] za na primer za ocenjevanje udobja sedenja v avtomobilih in zdravstvu [40–42]. Pri metodi CARPIO so Haveman et al. [43] uporabili poleg senzorjev na stolu še sistem, ki preko zaznavanja uporabe miške in tipkovnice ugotavlja, ali je računalnik v uporabi, kar z brezžično povezavo s senzorji na stolu omogoča večjo natančnost rezultatov. Xu et al. [44] so uporabili blazino *eCushion*, opremljeno s senzorji sile, ki jo lahko postavimo na obstoječi stol. Natančnost te rešitve je bila med 79 in 92%.

Senzorje na stoličih najdemo tudi v komercialnih izdelkih. Na primer stol Axia Smart Chair [45] je opremljen s šestimi senzorji, ki zaznavajo položaj telesa. Stol tudi opozarja na napačno sedenje z rahlo vibracijo in pošilja podatke sedenja v oblak. Izdelek Darma [46] je pametna blazina, ki jo nastavimo na stol in beleži podatke o položaju sedenja, srčni utrip in dihanje. Tako nam daje uporabne povratne informacije in nam ponuja posebno prilagojene vaje.

Senzorji na telesu:

Različne vrste senzorjev je mogoče namestiti tudi na telo uporabnika. Najpogostejši senzorji v uporabi so merilniki pospeška. Med gibanjem ti senzorji omogočajo detekcijo njihove usmerjenosti z analizo razlik v pospešku sile težnosti. Torej, če senzorje namestimo na telo, lahko z njimi merimo usmerjenost telesa. S takimi senzorji, postavljenimi na ledvenem predelu hrbta, so Dunne et al. [47] prišli do zadovoljivih rezultatov sledenja položaja sedenja. Podobne rezultate so pridobili tudi O'Sullivan, Farella et al. [48–50], ki so z merilniki pospeška vzpostavili telesno omrežje senzorjev ali BAN (Body Area Network). Namesto merilnikov pospeška je mogoče uporabiti tudi

(i) sprejemnike radio frekvenc ali WLAN omrežja, ki s pomočjo triangulacije določijo položaj telesa [51, 52] ali (ii) senzorje upogiba [53].

Večina komercialnih izdelkov na trgu za zaznavanje položaja telesa uporablja prav senzorje na telesu. Izdelek UPRIGHT [54] je naprava, ki uporablja merilnik pospeška nalepljen na ledveni predel hrbta. Naprava po začetnem umerjanju zaznava položaj sedenja in vibrira, ko je položaj napačen. Rešitev uporablja tudi aplikacijo za pametne telefone, ki omogoča dodatne funkcionalnosti. Podjetje Lumo [55] ponuja dve rešitvi za zaznavanje položaja telesa: Lumo Back [56] trak, ki ga nosimo okoli hrbta in Lumo Lift [57] senzor, ki ga namestimo na primer na obleko. Obe rešitvi uporabljata aplikacijo za pametne telefone. Izdelki iPosture, Prana Tech in Fineck nudijo podobne rešitve kot Lumo Lift, le da ima drugi možnost zaznavanja dihanja, tretji pa je v obliki ogrlice [58–60].

Poleg senzorjev, ki jih namestimo na telo ali ob telo na oblačila, obstajajo tudi oblačila z vgrajenimi senzorji, s katerimi lahko sledimo položaju telesa. Razvoj tako imenovanih pametnih oblačil je zadnja leta v strmem vzponu [61] in le ta so bila že uporabljena pri raziskavah zaznavanja pravilnega položaja sedenja [53, 62]. Na voljo so tudi komercialne rešitve, kot je na primer TruPosture [63], ki je namenjen za izdelavo pametnih oblačil in omogočajo zaznavo pravilne drže telesa. Poleg omenjenih načinov, se lahko za zaznavanje položaja telesa uporabi še elektromiografija (EMG) [64]. Metoda meri mišično dejavnost osebe v sedečem položaju in iz podatkov o mišični dejavnosti pridobi podatke o položaju telesa.

Pregled področja razkriva, da je z uporabo različnih vrst senzorjev mogoče zanesljivo zaznati pravilen položaj sedenja. Trendi kažejo, da lahko v prihodnje pričakujemo vedno več pametnih izdelkov, ki bodo merili naš položaj sedenja in nas opozarjali na morebitno nepravilno držo. Kljub omenjenemu imajo obstoječe rešitve tudi določene pomanjkljivosti: (i) vstavljanje senzorjev na vsa oblačila iz garderobne omare lahko predstavlja velik finančni zalogaj, (ii) trajnost pametnih oblačil in ostalih pametnih izdelkov (npr. obraba, čiščenje, hitra zastarelost itd.), (iii) za delovanje in komunikacijo z uporabnikom/oblastjo senzorji potrebujejo vir energije, kar pomeni, da moramo vsakemu pametnemu izdelku nuditi tudi oskrbo z energijo (napajanje premičnega pisarniškega stola, senzorjev oblačil itd.).

2.3 Prepričljive tehnologije

Prepričljive tehnologije so pojem, ki opisuje uporabo tehnologije z namenom spremenjati stališča in vedenja uporabnikov prek prepričevanja in družbenega vpliva, brez uporabe prisile [65]. Redno se uporabljajo v prodaji, diplomaciji, usposabljanju, javni upravi in ne nazadnje v javnem zdravstvu. Raziskave prepričljivih tehnologij povezujejo

interaktivne računalniške tehnologije, vključno z namiznimi računalniki, medmrežnimi storitvami, video igrami in mobilnimi napravami z rezultati, teorijami in metodami eksperimentalne psihologije, retorike in interakcije človek – računalnik [66]. Študija prepričljivih tehnologij se imenuje kaptologija [65].

Prepričljive tehnologije lahko razdelimo na tri vrste, glede na njihovo vlogo [65]:

orodja: kadar tehnologija poveča uporabnikovo sposobnost za izvedbo nekega vedenja tako, da ga olajša ali prestrukturira (uporaba kalkulatorja za računanje, uporaba čarovnika za namestitev programa na računalniku);

mediji: kadar z interaktivnostjo (avdio, video) in simboli (tekst, ikone kazalniki ...) zagotovimo prepričljive izkušnje, ki pomagajo pri spremembi vedenj (simulacije in videoigre);

družbeni akterji: kadar se računalniki odzivajo s človeškimi lastnostmi in simulirajo družabnost in tako vplivajo na uporabnika (inteligentni agent kot na primer pomočnik, nasprotnik).

Prepričljive tehnologije je mogoče deliti tudi v odvisnosti od tega, ali spremenijo vedenje uporabnika neposredno ali skozi posredniške vloge. Prvemu načinu rečemo interakcija človek – računalnik, drugemu pa računalniško posredovana komunikacija. Primere prvega načina smo že srečali. Primer drugega načina pa je na primer prikaz uporabnikovih športnih navad na družbenih omrežjih; tako uporabnik dobi povratne informacije, ki lahko vplivajo na njegovo vedenje [65].

BJ Fogg, oče prepričljivih tehnologij, je ustvaril Foggovo mrežo vedenja [67] (glej Sliko 3), ki predstavlja 15 načinov za spremembo vedenja. V mreži je predstavljenih pet vrst vedenj:

- novo vedenje (na primer začeti pridelovati vrt),
- znano vedenje (na primer voziti se s kolesom na delo),
- povečanje intenzivnosti ali trajanje vedenja (na primer telovaditi večkrat na teden),
- zmanjšanje intenzivnosti ali trajanje vedenja (na primer zmanjšati količino obroka),
- prekinitve obstoječega vedenja (na primer prenehati kaditi)

in tri časovna obdobja, v katerih se vedenja pojavijo:

- vedenje se pojavi enkrat (na primer danes za kosilo jejmo kvinojo),

- za končno časovno obdobje (na primer ta teden hodimo spat ob dvajsetih),
- za nedoločen čas (na primer od danes naprej začnemo vaditi meditacijo).

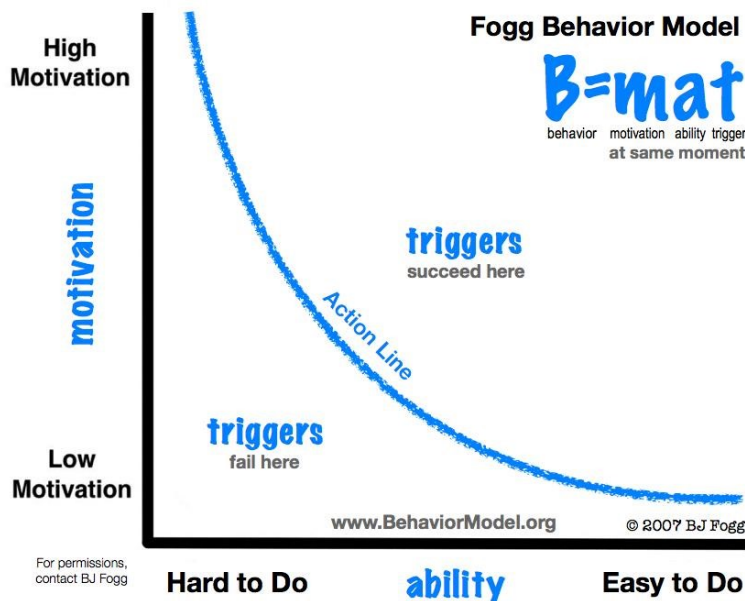
Behavior Grid with Examples

	Green behavior <small>Do NEW behavior, one that is unfamiliar</small>	Blue behavior <small>Do FAMILIAR behavior</small>	Purple behavior <small>INCREASE behavior intensity or duration</small>	Gray behaviors <small>DECREASE behavior intensity or duration</small>	Black behavior <small>STOP doing a behavior</small>
Dot behavior <small>is done ONE-TIME</small>	GreenDot <small>Do NEW behavior one time</small> <i>Install solar panels on house</i>	BlueDot <small>Do FAMILIAR behavior one time</small> <i>Tell a sister about eco-friendly soap</i>	PurpleDot <small>INCREASE behavior one time</small> <i>Plant more trees and native plants</i>	GrayDot <small>DECREASE behavior one time</small> <i>Buy fewer cases of bottled water today</i>	BlackDot <small>STOP doing a behavior one time</small> <i>Turn off space heater for tonight</i>
Span behavior <small>has a DURATION, such as 40 days</small>	GreenSpan <small>Do NEW behavior for a period of time</small> <i>Try carpooling to work for three weeks</i>	BlueSpan <small>Do FAMILIAR behavior for a period of time</small> <i>Bike to work for two months.</i>	PurpleSpan <small>INCREASE behavior for a period of time</small> <i>Recycle more of household waste for one month</i>	GraySpan <small>DECREASE behavior for a period of time</small> <i>Take shorter showers this week</i>	BlackSpan <small>STOP a behavior for a period of time</small> <i>Don't water lawn during summer</i>
Path behavior <small>is done FROM NOW ON, a lasting change</small>	GreenPath <small>Do NEW behavior from now on</small> <i>Start growing own vegetables</i>	BluePath <small>Do FAMILIAR behavior from now on</small> <i>Turn off lights when leaving room</i>	PurplePath <small>INCREASE behavior from now on</small> <i>Buy more local produce</i>	GrayPath <small>DECREASE behavior from now on</small> <i>Eat less meat from now on</i>	BlackPath <small>STOP a behavior from now on</small> <i>Never litter again</i>

Slika 2: Foggova mreža vedenja [2].

Pri načrtovanju rešitve je pomembno vedeti, za katero vrsto vedenja gre, saj se tehnike lahko razlikujejo glede na vrsto vedenja.

Poleg opisa mreže vedenja BJ Fogg definira tudi nov vedenjski model FBM (Fogg Behavioural Model) prikazan na Sliki 3 [68].



Slika 3: Foggov vedenjski model [2].

FBM ima dve osi. Navpična os predstavlja motivacijo osebe. Oseba, ki ima malo motivacije, bo imela nizko vrednost na tej osi. Druga os predstavlja sposobnost osebe. Oseba, ki ima majhno sposobnost, bo označena na levi strani osi. Dve osi tvorita ploščino. Na sliki vidimo tudi padajočo krivuljo označeno z modro barvo. Oseba bo uspešno opravila nalogo, če bo produkt motivacije in sposobnosti padel nad padajočo krivuljo. Če je oseba zelo sposobna, vendar ni motivirana, ne bo uspešno opravila dejavnosti. Na primer, če mora oseba na spletni strani vnesti elektronski naslov, tega ne bo naredila, če je to ne zanima (nizka motivacija). Motivacija ima tri temeljne spodbude [*ang. motivators*]:

- Užitek/bolečina. Primitivni odziv, ko hočemo dobiti takojšnji užitek ali se izogniti bolečini.
- Upanje/strah. Za razliko od prvega tukaj predvidevamo izid. Na primer, uporabniki so polni upanja, ko se prijavijo na spoznavni portal [*ang. dating site*].
- Družbeni (socialni) sprejem ali družbena zavrnitev. Jasno je, da so ljudje motivirani delati stvari, ki jim bodo prinesle družbeno priznanje.

Prav tako bo rezultat negativen, če bo oseba visoko motivirana, a premalo sposobna. Če na primer želimo, da mora uporabnik naše spletne strani pred vpisom svojega

elektronskega naslova rešiti zahtevno uganko, bo lahko premalo sposoben in ne bo končal opravila, čeprav je zelo motiviran. Sposobnost je odvisna od šestih dejavnikov:

Čas: dana dejavnost zahteva določen čas, mi pa ga nimamo, torej ne bomo sposobni opraviti dejavnosti.

Denar: če dejavnost zahteva naš denar, jo bomo manj sposobni opraviti.

Fizični napor: aktivnosti, ki zahtevajo fizični napor, so lahko zahtevne.

Možgansko delo: če je dejavnost umsko naporna, ni vedno lahka.

Družbeni odklon: ko dejavnost zahteva, da naredimo nekaj, kar ni v družbenih normah, je to lahko zahtevno.

Rutina: ljudje smo rutinska bitja in nam ne-rutinske dejavnosti lahko povzročajo težave.

V večini realnih primerov se oseba ne bo znašla na ekstremnih polih (brez sposobnosti in motivirana ali zelo sposobna in demotivirana), ampak bo imela vsaj neko stopnjo motiviranosti in sposobnosti. Učinkovite prepričljive tehnologije povečajo motivacijo in/ali sposobnost. Da bi oseba uspešno opravila dejavnost, mora poleg motiviranosti in sposobnosti imeti tudi neki sprožilec, ki jo opomni opraviti dejavnost. Na primer, če si zadamo, da bomo vsak dan vadili igranje kitare, moramo imeti nekaj kar nas spomni, da je zdaj ura za kitaro. Sprožilec ima lahko več oblik, na primer alarm, opomnik, pojavno okno, tekstovno sporočilo itd. Ne glede na obliko, mora učinkoviti sprožilec ustrezati trem zahtevam: (i) sprožilec mora biti opažen, (ii) sprožilec moramo povezati s ciljnim vedenjem, in (iii) sprožilec se mora zgoditi, ko smo motivirani in dovolj sposobni opraviti želeno aktivnost. Računalniki in pametni telefoni so odlični mediji za sprožitve sprožilcev in nam tako olajšajo delo pri vzpostavljanju novih vedenj.

2.3.1 Primeri uporabe prepričljivih tehnologij

Tehnološki razvoj in vseprisotnost računalništva sta zelo povečala uporabo prepričljivih tehnologij. Te se lahko uporabi na primer za spodbujanje zdravega življenjskega sloga [69], za motivacijo pri športni dejavnosti pri odraslih osebah [70, 71], za odpravljanje navad kajenja s postopnim zniževanjem odmerka [72] za vzpostavitev zdravih prehranjevalnih navad, s sledenjem obrokov in povezavo s prehrabnim trenerjem [73], za varčevanje z električno energijo tako, da uporabnik dobi takojšnje povratne informacije o porabi elektrike [74], za zmanjševanje CO₂ emisij [75]. Ne nazadnje pa tudi spletni portal Facebook uporablja prepričljive tehnologije z namenom, da uporabnik ostane prijavljen čim dlje [76].

2.3.2 Primeri uporabe prepričljivih tehnologij za spodbujanja pravilne drže telesa

Nekaj tehnoloških rešitev, ki ugotavljajo pravilen položaj telesa, smo opisali že v prejšnjih poglavjih. Tudi te rešitve uporabljajo prijeme prepričljivih tehnologij za spodbujanje uporabnikov k pravilni drži telesa.

Najpreprostejši sistemi zajemajo ročno nastavitev opomnikov, ki uporabnika opomni, naj sam preveri, ali se pravilno drži. Nekatere rešitve, kot sta Postureminder [33] in Philips Ergo Sensor [34], spodbujajo pravilno držo s tekstovnimi in zvočnimi obvestili na računalniku. Obvestila se generirajo samodejno glede na rezultate video analize položaja telesa. Rešitev Postureminder nudi tudi opomnike za odmor, hidracijo in raztezne vaje. Tudi tehnologiji Axia Smart Chair [45] in Darma [46] uporabljata prepričljive tehnologije za spodbujanje pravilne telesne drže. Prva uporablja nežno vibracijo, ki preneha, ko se postavimo v pravilen položaj, druga pa opomnike na pametnem telefonu. Obe rešitvi nudita tudi pregled zgodovine sedenja na računalniku ali pametnem telefonu. Rešitev Visiomate [35] uporablja samo opozorilno lučko na zaslonu. V vseh drugih do zdaj videnih komercialnih rešitvah [54, 56–60, 63] je za prepričevanje pravilnega sedenja uporabljena kombinacija aplikacije za telefon in vibracije. Posebej zanimiva je rešitev Prana Tech [59], ki poleg spodbujanja pravilne drže pri sedenju, spodbuja pravilno dihanje, pri čemer z vdihavanjem in izdihavanjem premikamo geometrijski lik po igralnem polju. Če pravilno dihamo, geometrijski lik prečka določeno točko, kar uporabniku prinese dodatne pike.

2.4 Ocena primernosti obstoječih rešitev zaznave in izboljšanja položaja sedenja

Iz pregleda področja je razvidno, da je položaj telesa mogoče zaznati na veliko različnih načinov. Rešitve se med seboj razlikujejo in dajejo različne rezultate. Večina jih potrebuje dodatno strojno opremo, najdemo pa tudi velik razpon v cenah rešitev. Metode, ki uporabljajo več kamer, so problematične tudi iz stališča zasebnosti (razen če uporabnik sam upravlja z njimi), zahtevnosti za nastavitev in problema prenosljivosti (če premaknemo delovno postajo, moramo na novo nastaviti celoten sistem). Metode, ki naredijo 3D model telesa z eno kamero so neoptimalne ker imajo prehode systemske zahteve [43]. Rešitve, ki zaznajo položaj telesa z analizo slik, pridobljenih iz videa, so tudi težko uporabne za spodbujanje pravilne drže telesa, saj ne delujejo v realnem času.

Najprimernejši sistemi so Posture Minder [33], Philips Ergo Sensor [34] in Visiomate [35], ki uporabljajo eno kamero za merjenje razdalje uporabnikovega obraza od

zaslona. Problem teh rešitev je, da ne merijo ukrivljenosti ledvenega predela hrbta, ki je kritičen kazalec za detekcijo pravilnega sedenja [22]. Vsi trije prej omenjeni sistemi uporabljajo tudi dodatno strojno opremo, ki predstavlja dodaten strošek za uporabnika. Rešitve, ki uporabljajo senzorje za zaznavo drže telesa, dajejo natančne rezultate in so zelo priljubljene. Težave takih naprav so pogosta menjava/polnjenje baterij, ponovno umerjanje naprave in cena. Poleg tega take rešitve temeljijo na dodatni strojni opremi, ki jo je treba nositi s seboj, kar je včasih nadležno in moteče.

Prišli smo do sklepa, da nobena od obstoječih metod za zaznavo položaja sedenja ni optimalna glede na ceno, prenosljivost, kakovost rezultatov, upoštevanja zasebnosti in uporabe obstoječe (strojne) opreme. Zato smo se odločili za izdelavo svoje rešitve. Zaradi široke dostopnosti in vedno večje zmogljivosti mobilnih naprav smo se odločili za izdelavo sistema, namenjenega spodbujanju pravilnega položaja sedenja, ki bo deloval na taki mobilni platformi brez dodatne strojne opreme. Sistem naj bi bil sposoben merjenja ukrivljenosti hrbtenice v realnem času. Detekcija ukrivljenosti bo temeljila na metodi računalniškega vida, ki bo analiziral video posnetke, zajete s kamero pametnega telefona postavljenega ob strani uporabnika.

Ker želimo graditi nov vedenjski vzorec, bomo v sistem vključili koncept prepričljivih tehnologij. Izdelali bomo mobilno aplikacijo, ki bo poleg zaznavanja pravilnega sedečega položaja s proženjem različnih sprožilcev, na podlagi zgoraj opisane Foggove mreže vedenja in vedenjskega diagrama (glej poglavje 2.2), gradila novo navado: sedenje v pravilnem telesnem položaju.

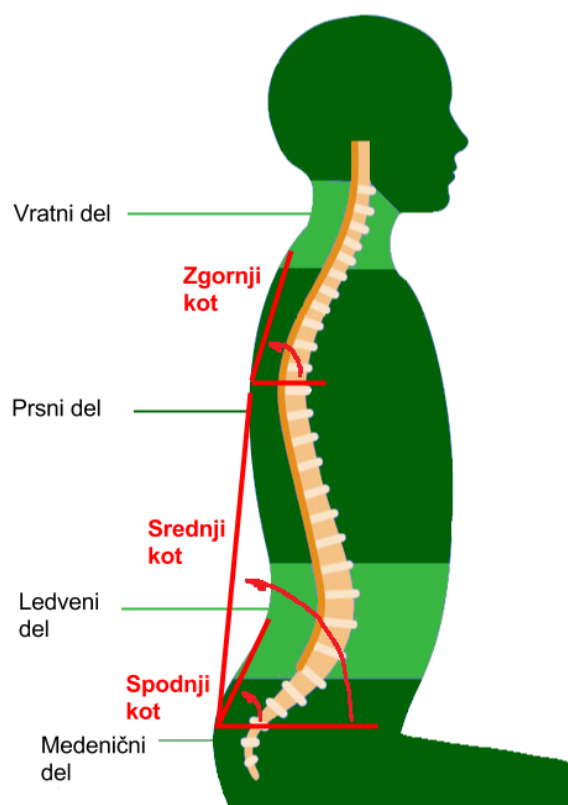
3 Zasnova

3.1 Funkcijske zahteve

Izbrana rešitev mora omogočiti zaznavo sedečega položaja sedenja in opozarjati, ko je ta nepravilna. Telefon bo preverjal telesni položaj enkrat na minuto. Opozorilo bo izvedeno s kratkim piskom naprave. Trajanje meritve sedečega položaja je poljubna.

Za zaznavanje pravilnega sedečega položaja bo sistem zaznaval hrbtni del telesa. Položaj hrbtenice bo merjen na treh predelih (Slika 4):

- spodnji del hrbtenice: predel od najnižjega dela hrbtenice (medeničnega) do dela kjer je hrbtenica najbolj ukrivljena navznoter (4. vretenec),
- srednji del hrbtenice: zajema del od medeničnega do prsnega dela hrbtenice, kjer je hrbtenica najbolj ukrivljena navzven (12. vretenec) in
- zgornji del hrbtenice: predel prsnega dela hrbtenice do začetka vratnega dela (od 12. do 18. vretenca).



Slika 4: Trije deli telesa in njihovi idealni koti pri sedenju.

Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu [23] določa idealen kot med kolenu in hrbtenico. Ta mora meriti med 90 in 110 stopinj. Kot večji od 90 stopinj in manjši od 110 stopinj dosežemo, ko imamo naslonjalo za hrbet. V našem primeru naslonjala ni, prav tako v literaturi ni bilo mogoče najti primernih mejnih vrednosti za ostala dva merjena kota (spodnji in zgornji kot). Zato smo eksperimentalno določili mejne vrednosti za poizkusnega uporabnika. Uporabnika smo posedli na stol in njegovo držo popravili na željen končni položaj. Ko je bil položaj ustaljen, smo z uporabo izdelane aplikacije izmerili spodnji, srednji in zgornji kot hrbtenice. Postopek smo večkrat ponovili in prišli do intervala mejnih vrednosti:

- Spodnji del hrbtenice ne sme preseči 91 stopinj.
- Srednji del hrbtenice mora biti med 80 in 100 stopinj.
- Zgornji del hrbtenice ni manjši od 60 stopinj.

Po končanem merjenju mora sistem uporabniku na dojemljiv način pokazati rezultat meritev, kjer bo uporabnik videl dolžino časa meritve, število opozoril o nepravilni

drži, odstotek časa, v katerem je pravilno sedel, in podatek, ali je uporabnik izboljšal predhodni rezultat v pravilnem sedenju.

Sistem mora po končani meritvi prikazati tudi graf, ki bo ponazoril značilnosti sedenja. Na grafu naj bo prikazano število opozoril v razmerju s časom, kar bo uporabniku omogočilo, da vidi ali se s časom njegov način sedenja izboljšuje.

Poleg prej omenjenih funkcionalnosti mora sistem omogočati tudi izvoz podatkov sedenja za namen podatkovne analize, ki jo bomo izvajali po zaključku zajema podatkov in bo ključnega pomena za ugotavljanje učinkovitosti izdelane rešitve.

3.2 Systemske zahteve

Sistem bo zaznaval ukrivljenost hrbtenice uporabnika z uporabo računalniškega vida. Pogoji za tako zaznavanje je, da imamo napravo, ki vsebuje kamero, pozicionirano ob strani uporabnika, tako da zajame profilno sliko uporabnika (kot je prikazano na Sliki 4).

Na voljo nam je bilo več možnih rešitev. V prvi fazi smo nameravali uporabiti USB spletno kamero, ki bi jo s pomočjo stojala usmerili v profil uporabnika. Kamera bi posredovala podatke računalniku, ki bi izvajal analizo zajetih slik. Glede na to, da uporabniki zunanje USB spletne kamere običajno nimajo na razpolago, smo izbrali rešitev zaznavanja položaja sedenja z uporabo pametnega telefona, postavljenega na stojalu, ki je usmerjeno v profil uporabnika (glej Sliko 5).



Slika 5: Konfiguracija sistema.

Predlagana rešitev ima precej prednosti:

- pametni telefoni so zelo razširjeni in jih ima skoraj vsak uporabnik,
- pametne telefone uporabniki skoraj neprestano nosijo s seboj in so zato vedno na voljo za uporabo,
- sistem je neodvisen od ostale infrastrukture in se ga lahko uporablja tudi na računalnikih v drugih prostorih (knjižnica) ali med ostalimi aktivnostmi v sedečem položaju (npr. branje, študij itd.),
- pametni telefoni imajo dovolj procesorske moči in pomnilnika za implementacijo rešitve in
- razvoj strojnega vida je v zadnjem času močno osredotočen na mobilno platformo, kar se kaže v vedno večji dostopnosti temu namenjenih programskih knjižnic.

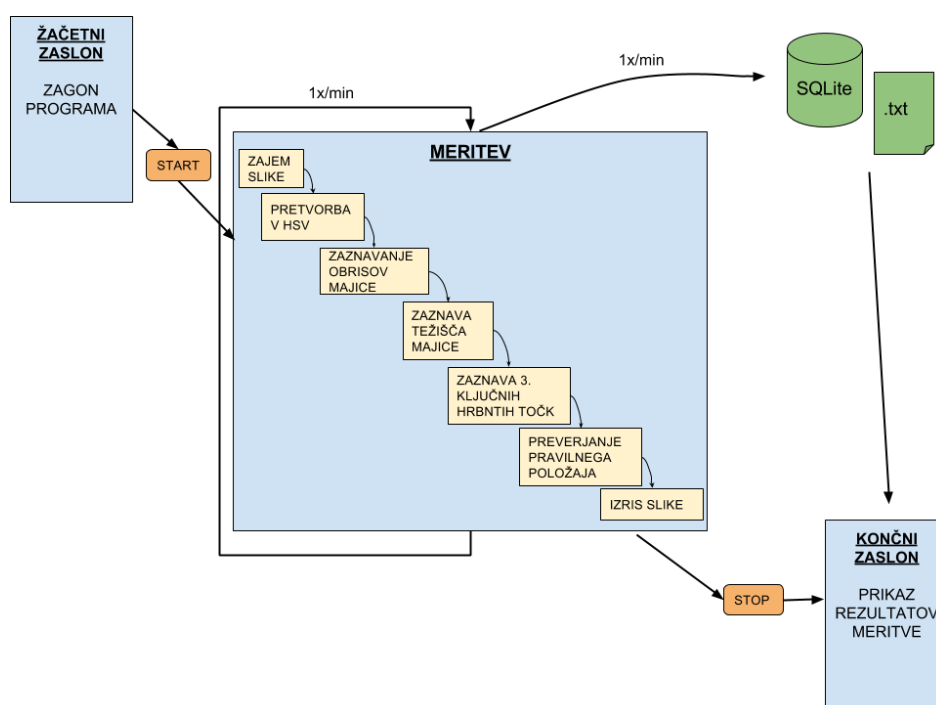
Najdemo tudi nekaj slabosti:

- praznjenje baterije, pri čemer, je uporaba napajalnega kabla dobrodošla (v praksi je ura merjenja porabila v povprečju 18% baterije medtem ko se je v istem času napolnila preko računalnika za 1%),
- klici na telefon med merjenjem položaja sedenja zmotijo aplikacijo in
- uporabnost telefona je med merjenjem sedenja omejena.

4 Implementacija prototipa

4.1 Izdelava prototipa

Potem, ko smo se odločili kakšne so zahteve našega sistema, smo začeli izdelovati prototip. Odločili smo se za razvoj in izdelavo aplikacije za pametni telefon z operacijskim sistemom Android. Android smo izbrali zaradi njegove razširjenosti med potencialnimi uporabniki in ker je to najprimernejša mobilna platforma za prototipiranje zaradi njene odprtosti ter širokega nabora obstoječih programskih knjižnic. Implementacija prototipa sledi shemi delovanja sistema, ki je prikazana na Sliki 6.



Slika 6: Shema delovanja sistema.

4.1.1 Uporabniški vmesnik

Uporabniški vmesnik je sestavljen iz petih stanj ali zaslonov (glej Sliko 7):

Zaslon glavni meni: ta zaslon je namenjen glavnemu meniju, kjer s pritiskom na

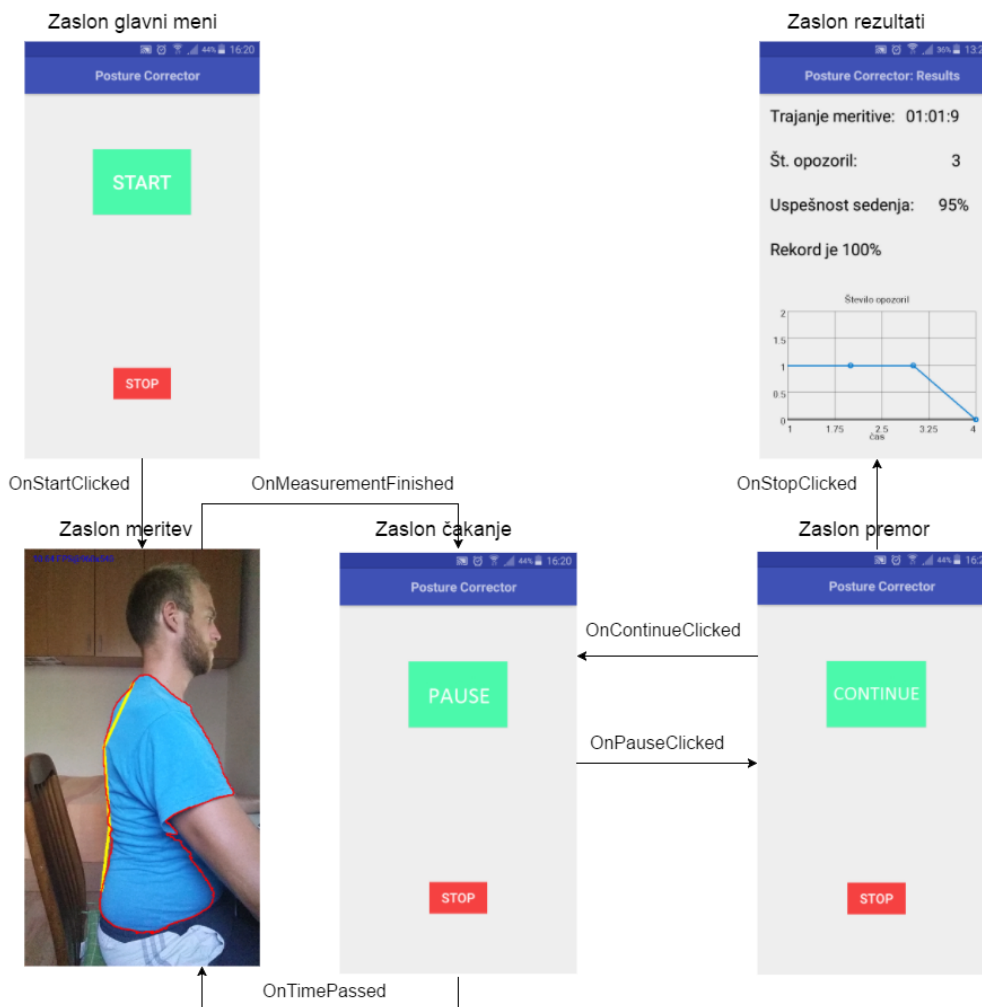
gumb “Start” zaženemo merjenje (prikaže se zaslon meritev).

Zaslon meritev: ta zaslon je glavni del aplikacije, kjer poganjamo algoritem, ki razpozna položaj telesa s pomočjo knjižnice OpenCV. Algoritem je podrobneje predstavljen v naslednjem poglavju (4.1.2).

Zaslon čakanje: ta zaslon se prikaže med časom, ko čakamo na izvajanje naslednje meritve. Na tem zaslonu je mogoče z gumbom “Pause” postaviti aplikacijo v premor (prikaže se zaslon premor).

Zaslon premor: ta zaslon se prikaže v primeru, ko je aplikacija v premoru. S pritiskom na gumb “Continue” aplikacijo prestavimo iz premora v izvajanje meritve. S pritiskom na gumb “Stop” se prikaže zaslon z rezultati meritve.

Zaslon rezultati: ta zaslon je namenjen prikazu rezultatov merjenja. V tem delu aplikacija pobere iz lokalne podatkovne baze (SQLite) vse podatke o merjenju drže telesa. V rezultatih merjenja je prikazano: trajanje merjenja sedenja, število opozoril o napačnem sedenju, odstotek uspešnosti sedenja, najboljši dosežen rezultat pravilnega sedenja in črtni graf, ki prikazuje število opozoril v razmerju s časom.



Slika 7: Prikaz interakcije in preklopa med različnimi stanji aplikacije.

4.1.2 Algoritem prepoznavanja pravilne drže

V zaslonu meritev aplikacija meri položaj sedenja. Odločili smo se, da bomo položaj sedenja merili vsako minuto. Vsako merjenje traja pet sekund. V tem času aplikacija izmeri položaj sedenja desetkrat na sekundo. Položaj sedenja se meri tako, da izmerimo vrednost treh kotov, ki jih tvori hrbtenica. Po končanih petih sekundah aplikacija izračuna povprečje vseh merenj in zabeleži vrednosti v lokalno podatkovno bazo. Če nobeden od treh kotov ne presega mejne vrednosti, aplikacija nemoteno teče naprej. V nasprotnem primeru aplikacija opozori uporabnika z opozorilnim zvokom.

Za zaznavanje položaja telesa smo uporabili odprtokodno knjižnico za računalniški vid OpenCV. Knjižnica se lahko uporablja tudi s programskim jezikom JAVA, ki smo ga uporabljali za razvoj celotne aplikacije. Med merjenjem položaja telesa je kamera telefona obrnjena v profil uporabnika. Tako kamera zaznava celoten zgornji del telesa

uporabnika (od sedišča stola do glave uporabnika) ter celotno okolico za uporabnikom, kot ponazarja Slika 9.

Ključni algoritem programa je viden v naslednji psevdokodi:

Algoritem 1: Zaznava položaja telesa

```

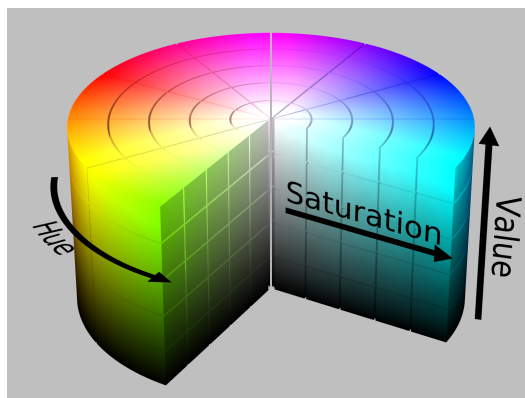
1 za method onCameraFrame(RBGSlika)
2   HSVSlika = pretvoriSlikoVHsv(RBGSlika);
3   m = najdiPixleMajice(HSVSlika);
4   konture[] k = najdiKonturoMajice(m);
5   tezisce = k.najdiTezisceKonture();
6   za i=0 to k.length
7     če (i.x j tezisce) potem
8       a.b.c = najdiTriHrbtneTocke();
9       k1,k2,k2 = izracunajKoteTrehTock(a,b,c);
10  limit1,limit2,limit3 = pravilniKoti;
11  če (k1,k2,k2 > limit1,limit2,limit3) potem
12    zvocnoOpozorilo();
13  shraniPB();
14  returnIzrisSlike();

```

Detekcija majice:

Algoritem mora v prvi fazi iz celotne zajete slike (Slika 9) razbrati hrbtenico uporabnika. Odločili smo se, da bomo za razpoznavo hrbtenice najprej razpoznali majico uporabnika. V primeru oprijete majice se položaj le-te zelo približa položaju uporabnikovega telesa. Algoritem majico loči od ostalega dela slike na podlagi razpoznavanja barve. Ob predpostavki, da bodo uporabniki nosili majice kričečih barv lahko algoritem razpoznave majice baziramo na barvah, ki imajo visoko vrednost intenzivnosti [*ang. saturation*] in svetlosti [*ang. hue*].

Glavni del programa se izvrši v metodi `onCameraFrame`. To metodo aplikacija kliče vsakič, ko je na voljo nova slika, ki jo posname kamera (približno 10 krat na sekundo). Kamera zajame sliko v formatu RGB in jo zapiše v polje n-dimenzij. Ker algoritem filtrira sliko na podlagi intenzivnosti in svetlosti, moramo spremeniti format RGB v format HSV (Slika 8). HSV je barvni model, predstavljen s tremi vrednostmi. H pomeni barva oz. barvni odtenek [*ang. hue*], S pomeni intenzivnost [*ang. saturation*], V pomeni svetlost [*ang. value*].



Slika 8: Barvni model HSV [3].

Spremembo barvnega modela naredimo s klicem OpenCV funkcije `cvtColor()`:

```
Imgproc.cvtColor(mRgba, mHsv, Imgproc.COLOR_RGB2HSV);
```

Ko imamo sliko v HSV formatu, lahko izberemo vrednosti na sliki, ki imajo S in V komponenti visoki. Vrednosti S in V imata razpon od 0 do 255. Za modro majico smo eksperimentalno določili mejne vrednosti za S in V.

```
Scalar lower = new Scalar(0, 130, 130);
Scalar upper = new Scalar(180, 255, 255);
Core.inRange(mHsv, lower, upper, mMask);
```

Tretja vrstica kode v zgornji kodi izbere dele slike, ki imajo barve na območju med prvima dvema vrsticama. Vrednost H pomeni različni barvni odtenek. Za to vrednost smo pustili vse možnosti. Nato smo uporabili še operacijo dilatacije ali razširjenja, ki skuša zapolniti manjše vdore na izbranem delu slike.

```
Imgproc.dilate(mMask, mDil, new Mat());
```

Ker za merjenje ukrivljenosti hrbtenice nismo potrebovali celotne majice, smo izbrali samo njene konture ali rob. To smo opravili z OpenCV metodo `findContours`.

```
Imgproc.findContours(mDil, cont, Imgproc.RETR_LIST, Imgproc.CHAIN_AP_SMP);
```

Za izris konture pa smo uporabili openCV metodo `drawContours()`:

```
Imgproc.drawContours(mRgba, cont, contourIdx, new Scalar(255,0,0),2);
```

Rezultat te operacije je viden na Sliki 9.



Slika 9: Kontura in težišče majice.

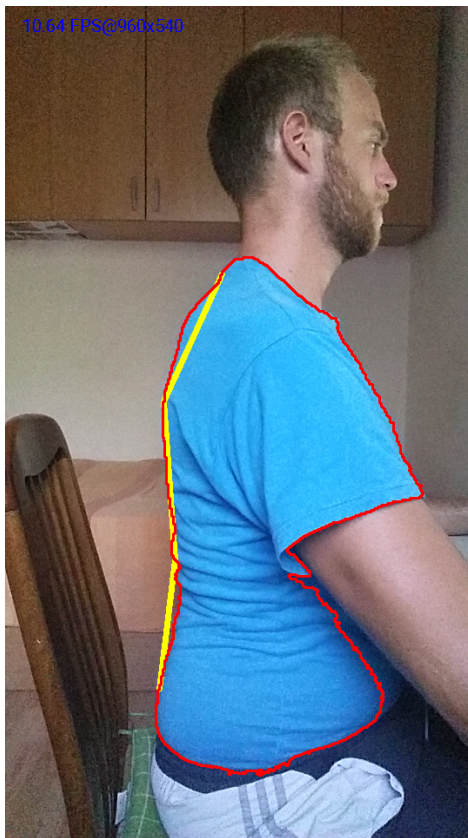
Detekcija zgornjega, srednjega in spodnjega kota hrbtenice:

Algoritem mora najprej detektirati kateri segment konture predstavlja hrbtenico. Algoritem to določi na podlagi izračuna težišča konture majice. Tudi za ta izračun že obstaja pripravljena OpenCV funkcija, ki uporablja pojem momentov.

```
Moments moments = Imgproc.moments(cont.get(contourIdx));  
Point centroid = new Point();  
centroid.x = moments.get_m10() / moments.get_m00();  
centroid.y = moments.get_m01() / moments.get_m00();
```

Ko je znano težišče majice algoritem definira hrbet uporabnika, kot vse točke konture, ki ležijo na levi strani težišča. Tudi težišče majice je vidno na Sliki 9.

Po izbrani konturi hrbtne delu uporabnika, algoritem izbere ključne točke na hrbtenici, ki opisujejo značilnosti pravilnega sedenja, opisane v tretjem poglavju. Po izbiri točk, algoritem nariše črte med njimi, kot je prikazano na Sliki 10, in izračuna spodnji, srednji in zgornji kot hrbtenice.



Slika 10: Črte na hrbtenici.

Po končani meritvi aplikacija shrani podatke o merjenju v podatkovno bazo SQLite, ki predstavlja standardno izbiro pri razvoju aplikacij za operacijski sistem Android. Podatke aplikacija shranjuje v eno samo tabelo, kamor se zapiše:

- Čas merjenja.
- Ali je bil položaj sedenja pravilen ali ne.
- Kote vseh treh delov hrbtenice.

Shranjene podatke uporablja aplikacija v zadnjem delu pri prikazu rezultatov. Poleg tega aplikacija shranjuje podatke tudi v tekstovno datoteko z namenom dodatne analize podatkov, ki jo bomo izvedli po koncu zbiranja meritev.

4.2 Aplikacija in prepričljive tehnologije

V prototipni aplikaciji smo se odločili, da bomo kot sprožilec uporabljali kratek zvočni signal, ki se bo oglasil v primeru nepravilne telesne drže. S tem nas aplikacija opomni, da moramo izboljšati položaj sedenja. V naši rešitvi imajo torej prepričljive tehnologije

vlogo orodja (Poglavje 2.3), ker rešitev poveča uporabnikovo sposobnost za izvedbo nekega vedenja tako, da ga olajša ali prestrukturira. Sistem ima tako posredno kot neposredno vlogo (Poglavje 2.3): prvo, ko sproži zvok kot opozorilo, drugo, ko prikaže rezultat sedenja, kjer se lahko uporabnik zave uspešnosti sedenja.

Ker je namen izdelane rešitve trajno spremeniti ali izboljšati vedenje uporabnika, jo lahko postavimo v Foggovo mrežo vedenja (Slika 3) v tako imenovano modro pot [*ang. blue path*] (trajna sprememba znanega vedenjskega vzorca). Glede na časovno omejitev zaključne naloge evaluacije trajne spremembe ni mogoče izvesti, zato postavljamo naš prototip v Foggovo mrežo v tako imenovano modro obdobje [*ang. blue span*], ki zajema spremembo znanega vedenjskega vzorca za krajši čas.

5 Evaluacija prototipa

5.1 Metoda

Izbrana evaluacijska metoda temelji na metodi študije z dnevnikom [*ang. Diary Study*]. Gre za obliko raziskave, razpotegnjene čez daljše časovno obdobje [*ang. logitudinal research*] z istimi udeleženci. Za tako raziskavo je značilno, da uporabniki sami poročajo o svojih dejavnosti v rednih časovnih intervalih. Tako ustvarijo dnevnik svojih dejavnosti, misli in frustracij. Tak pristop je zelo uporaben za zajemanje verodostojnih povratnih informacij o dejavnostih, ki so dolge, ponavljajoče ali nepredvidljive. Osredotoča se bolj na vrhunsko izkušnjo [*ang. peak experiences*] malega števila uporabnikov namesto na metodo, kjer bi veliko število uporabnikov imelo le splošno sprejemljive izkušnje. Taka vrsta raziskave se uporablja v naslednjih primerih:

- sledenje temu, kako uporabniki izpolnijo dolgotrajno nalogo, ki lahko traja nekaj dni;
- odkrivanje, kaj motivira uporabnike, da naredijo določeno dejanje;
- določanje, kako aplikacija ali spletna stran pripomore k ustvarjanju rednih navad (v to kategorijo sodi naša rešitev) in
- ocenjevanje ohranjanja navade in učljivosti uporabnika.

Tudi Hardy je v [77] uporabil tako vrsto študije. V raziskavi je preučil, kako na njegovo delo vpliva vzpostavitev drugačne vrste delovnega okolja. Na svojem delovnem mestu je uporabil projektor, nameščen na strop in usmerjen v pisalno mizo, ki ga je s pomočjo interaktivnega pisala uporabljal kot dodaten ekran. Raziskavo je delal na sebi eno leto med pisanjem doktorske naloge. Tako vrsto študije je izbral, ker še ni bilo raziskav o uporabi take vrste delovnega okolja v dolgem časovnem obdobju. S svojo raziskavo je želel pridobiti kvalitativne rezultate in nova spoznanja, ki jih ne bi bilo mogoče dobiti z velikim številom kratkoročnih raziskav.

Razak [78] je opravila podobno vrsto študije. Po opravljeni kratki anketi o uporabi mobilnih tehnologij je preučila uporabniške izkušnje uporabnika, ki je imel največja odstopanja pri uporabi mobilnih tehnologij. Avtorica je razvila rešitev, prilagojeno za enega uporabnika, z namenom pridobivati nova spoznanja. Namen take študije ni najti

vseh pomembnih težav ali izvedeti, koliko je prisotna določena težava, ampak najti nove primere uporabe. Kot je običajno za metodo študije z dnevnikom, se metoda osredotoča na vrhunsko izkušnjo (trenutek najboljše mogoče uporabnosti sistema). Veliko Splet 2.0 aplikacij se je začelo podobno: na primer Facebook ali del.icio.us sta prvotno bila namenjena svojim ustvarjalcem in njihovim prijateljem.

Metodo študije z dnevnikom smo izbrali tudi v tej zaključni nalogi, saj je najprimernejša za odkrivanje, ali aplikacija pripomore k ustvarjanju nove navade na dolgi rok. Podobno kot pri zgornjih avtorjih smo opravili študijo na enem uporabniku: avtorju zaključne naloge. Kot Hardy [77], je avtor zaključne naloge testiral rešitev na sebi med pisanjem le-te.

5.2 Namestitev

Pri pisanju zaključne naloge je avtor namestil prototip za merjenje sedečega položaja hrbtenice na desno stran pisarniške mize, kjer je pisal nalogo (glej Sliko 5). Sistem je avtor uporabljal eno uro dnevno med pisanjem zaključne naloge. Poleg podatkov o sedečem položaju, pridobljenih iz aplikacije, je avtor zaključne naloge po vsaki uri pisanja te naloge ustvaril nov vpis v dnevnik. Dnevnik je sestavljen v obliki vprašalnika. Vsak zapis v dnevnik zajema odgovor na naslednja vprašanja:

- Koliko časa menite, da ste sedeli pravilno na lestvici od 1 do 10?
- Kolikšno je bilo število opozoril aplikacije o napačnem sedenju?
- Kako moteče je bilo opozarjanje aplikacije na lestvici od 1 do 10?
- Kolikšna je bila stopnja bolečin v hrbtu na lestvici od 1 do 10?
- Katero dejavnost ste opravljali med merjenjem?
- Kakšna je bila stopnja koncentracije med dejavnostjo (1–5)?
- Komentarji.

5.3 Izvedba

Merjenje je trajalo 30 ur, razdeljenih v 13 dni. Vsak merilni cikel je trajal eno uro. Vsak dan smo izvedli dve do tri meritve. Meritve je avtor izvajal v svoji sobi tako, da ga med merjenjem nihče ni motil. V teh 13 dneh je aplikacija merila sedeči položaj vsako minuto. Po vsaki uri je avtor ustvaril nov zapis v študijski dnevnik (Priloga 1), kjer je odgovoril na sedem vprašanj.

V nadaljevanju so predstavljeni zajeti rezultati. Predvsem je zanimiva primerjava kvantitativnih rezultatov, ki jih je avtomatsko zajela aplikacija in zajetih podatkov iz študije z dnevnikom.

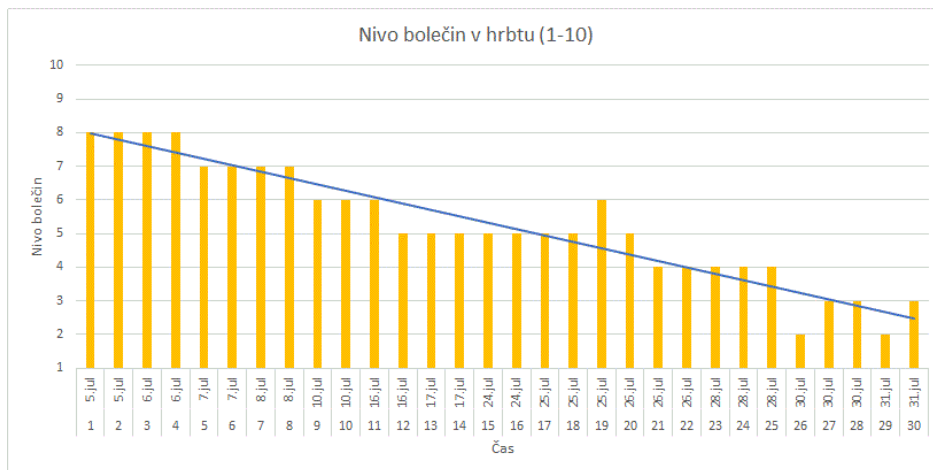
5.4 Rezultati raziskave

V tem poglavju so opisani rezultati raziskave razdeljeni v štiri sklope, in sicer: bolečina v hrbtu, raven koncentracije in nepravilna drža, vpliv prototipa na pravilno držo pri sedenju in ostale ugotovitve.

5.4.1 Bolečina v hrbtu

Iz študije z dnevnikom lahko vidimo, kako se je bolečina v hrbtu, ki jo je avtor označeval v dnevniški zapis na lestvici od ena do deset, zmanjševala (glej Sliko 11). Izvor bolečine je bila uporaba stola brez naslonjala za hrbet in naslonjal za roke. Običajno namreč avtor uporablja stol z naslonjali, ki omogočajo sedenje v položaju pri katerem so hrbtne mišice manj obremenjene. Avtor je tako na lastni koži izkusil, da je vzravnana sedeča drža zahtevna za hrbtne mišice. Posledica tega je bila, da je avtor moral po vsaki uri meritve vzeti nekaj minut premora. Prve dni je bilo težko sedeti v takem položaju več kot dve uri na dan. Prav tako je avtor med študijo (večinoma na začetku) od enkrat do dvakrat na uro zavestno prešel za nekaj sekund v nepravilno držo z namenom, da razbremeni mišice v hrbtnem predelu.

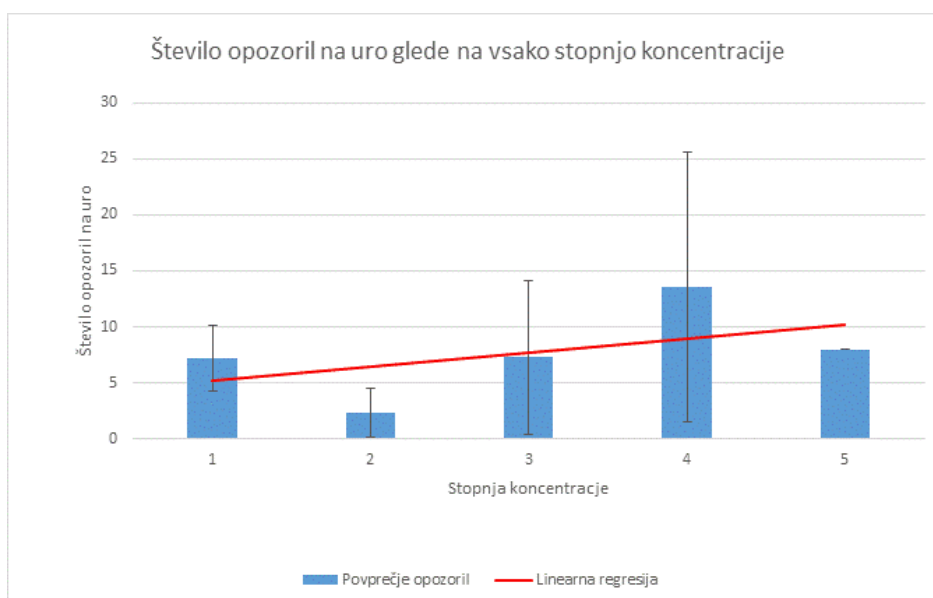
Posebej zanimivo je, da je prototip kljub bolečini v hrbtu uspešno silil k popolnem sedenju navkljub dejstvu, da je sedenje na stolu brez naslonjala v nepravilnem sključenem položaju manj utrujajoče za hrbtne mišice. Kot nakazuje graf na Sliki 11 je bolečina tekom časa zmanjšala, To je pričakovano saj so se tekom časa hrbtne mišice uspele okrepiti.



Slika 11: Subjektivna raven bolečine v hrbtu skozi čas

5.4.2 Raven koncentracije in nepravilna drža

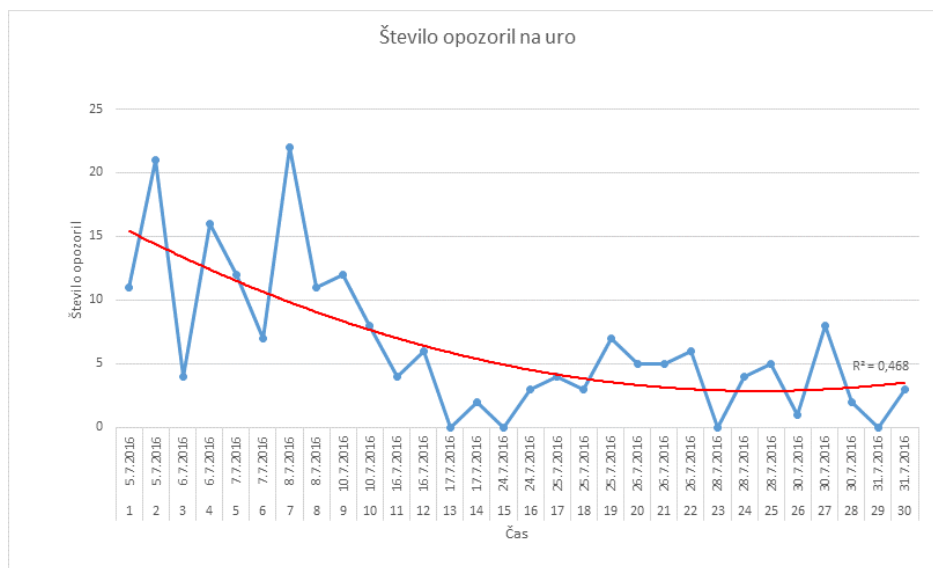
Med delom nalog, kjer je bila potrebna večja koncentracija je avtor opazil, da se nagiba k nepravilni drži. Tudi podatki aplikacije nakazujejo, da je bilo več opozoril, ko je bila stopnja koncentracije višja (glej Sliko 12). Pomembno je poudariti, da na podlagi zbranih podatkov ni mogoče povzeti, da obstaja odvisnost med ravniyo koncentracije in nepravilno držo. Za to imamo na razpolago premalo meritev, kar nakazuje velika variacija standardnega odklona pri različnih ravneh koncentracije.



Slika 12: Povprečje opozoril na stopnjo koncentracije.

5.4.3 Vpliv prototipa na pravilno držo pri sedenju

Graf na Sliki 13 prikazuje število opozoril, ki so se zgodila tekom enega enournega cikla merjenja. Iz grafa je jasno razviden trend zmanjševanja. To velja kljub dejstvu, da se podatki ne prilagajajo učni krivulji. Glede na to dejstvo ($R^2=0.487$), iz zbranih podatkov ne moramo sklepati ali se je učenje pravilnega položaja sedenja zaključilo. Kljub temu lahko povzamemo, da je prototip pozitivno vplival na držo pri sedenju.

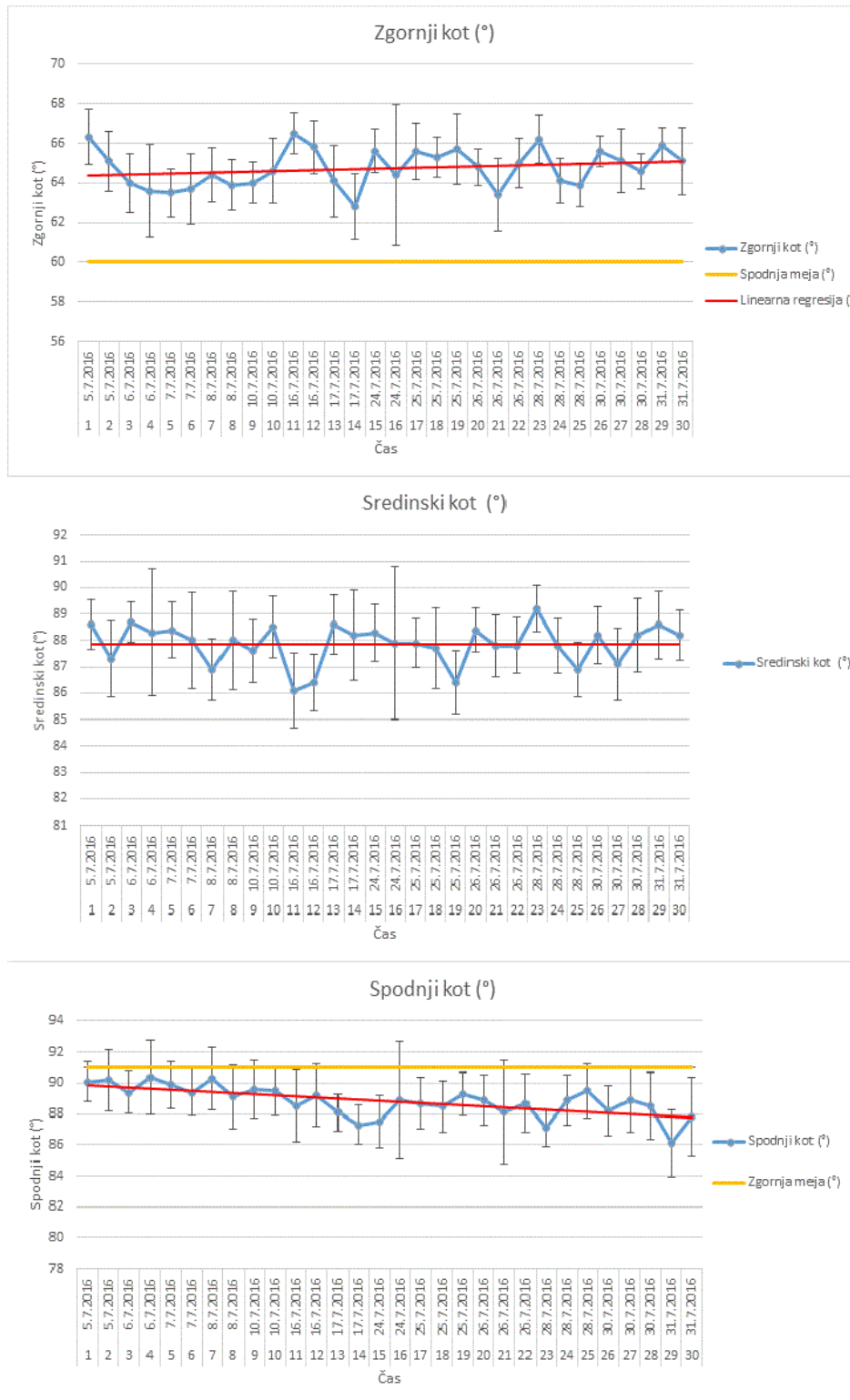


Slika 13: Odstotek opozoril v razmerjem s časom.

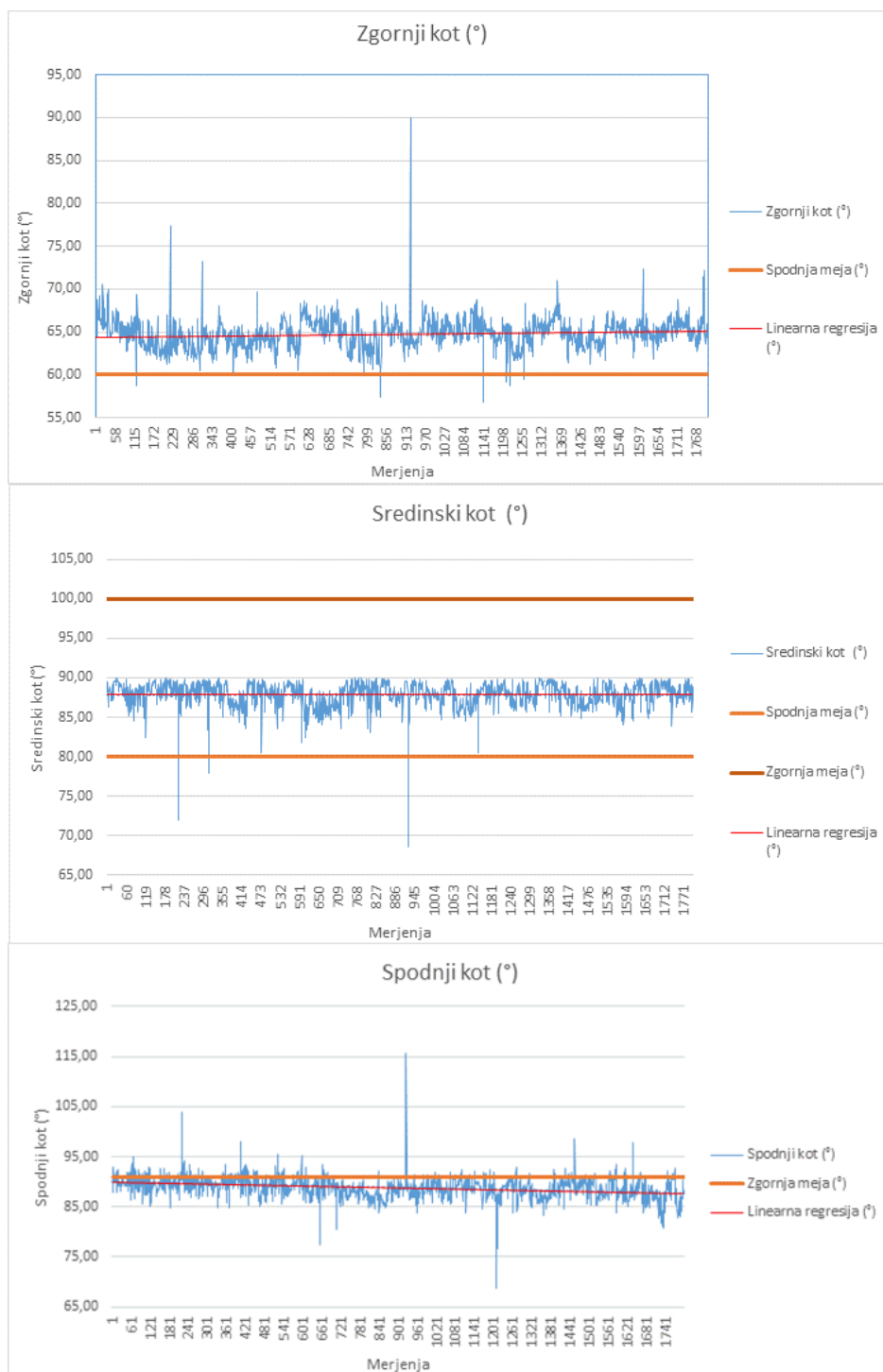
Zanimiv je tudi podatek o izmerjenih vrednostih treh predelov hrbtenice in njihovih spremembah skozi čas (Slika 14, 15). Po definiciji iz tretjega poglavja, smo kot pravilne vrednosti kotov treh predelov hrbtenice izbrali naslednje:

- spodnji del hrbtenice ne sme preseči 91 stopinj,
- srednji del hrbtenice mora biti med 80 in 100 stopinj in
- zgornji del hrbtenice ni manjši od 60 stopinj.

Trije grafi na Sliki 14 prikazujejo za vsak kot hrbtenice povprečne vrednosti enournega cikla merjenja (vsak cikel zajema 60 meritev, ki so se izvedle tekom ene ure). Iz grafov lahko vidimo, da so bila dnevna povprečja vedno v meji pravilnega sedenja. Pozitiven trend vidimo v prvem in tretjem grafu, kjer se s časom dnevno povprečje kota oddaljuje od limitne vrednosti, ki je prikazana z rumeno črto. V drugem grafu pa je velikost kota ostajala podobna čez celotno študijo, kar je pričakovano glede na dejstvo da se vključno z standardnim odklonom vrednosti vedno nahajajo znotraj kritičnega intervala.



Slika 14: Povprečne vrednosti kotov treh delov hrbtenice v razmerju s časom.



Slika 15: Vrednosti kotov treh delov hrbtenice v razmerju s časom.

Graf na Sliki 15 prikazuje vrednosti kotov treh delov hrbtenice v razmerju s časom. Iz grafa je mogoče razbrati, da ledveni kot hrbtenice največkrat preide kritično mejo. Če pogledamo tretji graf na Sliki 14, ki prikazuje kot spodnjega dela hrbtenice, opazimo, da so njegove povprečne vrednosti pričakovano najbližje mejni vrednosti pravilnega

sedenja (91 stopinj). Podatki nakazujejo, da je pri nepravilnem položaju sedenja, ledveni del hrbtenice tisti, ki prvi odstopi iz pravilnega območja, šele nato sledita druga dva dela. Od tod sledi, da je prav spremljanje položaja ledvenega dela hrbtenice ključnega pomena.

5.4.4 Ostale ugotovitve

Med uporabo aplikacije je postalo jasno, da je aplikacija veliko boljše zaznavala obris hrbtenice, če je prostor osvetljen z dnevno svetlobo. To ni bila težava, saj je bila soba, v kateri je avtor izvajal meritve, dobro osvetljena večji del dneva. Zagotovo pa obstaja možnost dodatne izboljšave pri zaznavi barv.

Po nekaj dneh meritev je avtor ugotovil, da je pomemben odstotek časa uporabljal nepravilen položaj nog (prekrižane pod stolom). Tega podatka aplikacija ne meri. Ker je položaj nog ravno tako pomemben element pravilne drže pri sedenju, bi bilo v prihodnjih različicah aplikacije primerno razmisliti o rešitvi, ki vključuje sledenje položaja nog.

V študiji z dnevnikom avtor podaja oceno o nadležnosti piska aplikacije, ki oznanja nepravilno držo. Rezultati kažejo, da opozorilo ni predstavljalo težav in ni bilo moteče. Kot zadnje avtor ugotavlja, da je uporaba aplikacije vplivala na položaj sedenja tudi izven časa merjenja, ko je večkrat opazil, da podzavestno prehaja v vzravnano držo hrbtenice in jo uspe zadržati v takem položaju daljše obdobje.

Iz predstavljenih rezultatov lahko zaključimo, da se je stanje sedečega položaja sproti jasno izboljševalo, kar nam nakazuje, da rešitev pomaga pri vzpostavitvi nove navade: izboljšati držo hrbtenice v sedečem položaju. Žal na podlagi zbranih podatkov ni mogoče trditi, da je sprememba trajna, saj bi bilo potrebno spremljati uporabnika daljše obdobje tekom katerega aplikacije ne bi prožila sprožilcev. Novejše raziskave kažejo, da je za trajno spremembo navad potrebno od dva do osem mesecev [79], kar je odvisno predvsem od težavnosti zelenega vedenja (na primer odvaditi se kajenja ali pa dnevno zaliti rože) in motivacije ter sposobnosti uporabnika, ki želi vedenje doseči. Glede na to dejstvo je 13 dni trajajoča raziskava izključno prekratka in v tem obdobju ni mogoče doseči trajnega vedenja. Kljub temu lahko trdimo, da je rešitev prepričljiva in jo lahko uvrstimo v Foggovo mrežo vedenja (Slika 2) v skupino modrega obdobja [*ang. blue span*], ki zajema spremembo znanega vedenjskega vzorca za krajši čas.

5.5 Nadaljnje delo

Evaluacija rešitve je pokazala, da je rešitev primerna za izboljšanje sedečega položaja telesa, vendar ni omogočila ugotoviti ali je sprememba načina sedenja trajna. Zato

je prva naloga za prihodnje, izvedba daljše študije, ki bi pokazala ali je možno doseči trajno spremembo načina sedenja brez uporabe zunanjih sprožilcev.

Prostora za izboljšave prototipa je veliko. Med najpomembnejšimi izboljšavami bi poudarili boljše zaznavanje barv pri nizki svetlosti prostora. Ključna razširitev bi bila tudi zaznava položaja nog pri sedenju, ki prav tako sodi k pravilni drži sedenja. Zanimivo bi bilo tudi vključiti elemente igrifikacije in tako dodatno povečati prepričljivost rešitve. In ne nazadnje bi lahko uporabili storitve socialnih omrežij in vključili družbeno omrežje uporabnika v širši okvir spodbujanja in razpravljanja o uporabnikovih dosežkih pri pravilni drži v položaju sedenja, podobno kot so to na primer izvedli pri reciklaži odpadkov [65].

Trenutna rešitev je prednastavljena za enega uporabnika. V prihodnje bi bilo potrebno aplikacijo nadgraditi s funkcionalnostjo umerjanja telefona v navpičen položaj, kar bi dodatno izboljšalo natančnost meritev.

6 Zaključek

...text... Zaključna naloga predstavi problem nepravilnega sedenja in njegov škodljivi vpliv na zdravje ljudi. V nadaljevanju pregleda različne definicije pravilnega položaja sedenja pri delu z računalnikom in izbere najširše uporabljeno. Izbrano definicijo v nadaljevanju uporabimo za evaluacijo obstoječih rešitev in pri zasnovi nove rešitve.

Skozi pregled dosedanjih raziskav in obstoječih izdelkov zaključno delo predstavi obstoječe metode za zaznavanje položaja sedenja ter analizira njihove prednosti in slabosti. Pregled področja obstoječih rešitev je pokazal, da najprimernejše rešitve temeljijo na tehnologiji računalniškega vida, ki analizira sliko kamere, postavljene na zaslon uporabnika. Te rešitve sledijo položaju obraza uporabnika na podlagi katerega posredno ugotavljajo pravilnost položaja sedenja. Glavna pomanjkljivost implementacije s kamero na zaslonu je dejstvo, da ne omogoča neposrednega nadzora položaja ledvenega dela hrbtenice, ki je kritičen kazalec za detekcijo pravilnega položaja sedenja [22]. V nadaljevanju zaključne naloge opišemo in implementiramo sistem za ozaveščanje uporabnika o pravilnem položaju sedenja, ki omogoča neposrednega nadzora celotne hrbtenice.

Glede na dejstvo, da želimo uporabniku spremeniti vedenjski vzorec, smo se odločili za uporabo prepričljivih tehnologij. S tem razlogom zaključno delo predstavi ključno teoretično ozadje prepričljivih tehnologij ter njihovo dosedanje uporabo v praksi.

Glede na dostopnost, vseprisotnost in vedno večjo zmogljivost pametnih telefonov smo se odločili za izdelavo rešitve, ki bo delovala na mobilni platformi brez potrebe po dodatnih senzorjih. Izdelali smo prototip aplikacije za pametne telefone, ki z uporabo spletne kamere, pravilno postavljene ob stran uporabnika, zaznava ukrivljenost hrbtenice v realnem času s pomočjo računalniškega vida. Prepričljive tehnologije smo vključili tako, da nas aplikacija pri nepravilni sedeči drži opozarja s kratkim opozorilom v obliki piska. Po merjenem ciklu (ena ura) aplikacija poda oceno sedenja, in izriše časovni graf, ki prikazuje kakovost sedenja v odvisnosti od časa. Tako uporabniku omogoča spremljanje napredka pri položaju sedenja.

Po izdelavi rešitve nas je zanimalo, ali ta aplikacija pripomore k pridobivanju nove navade: sedenja v pravilnem položaju. Študijo smo izvedeli tako, da je avtor zaključne naloge uporabljal izdelano rešitev med pisanjem zaključne naloge. Poleg podatkov o sedenju, ki jih je zaznavala aplikacija, je uporabnik po vsaki uri merjenja ustvaril

nov zapis v študijski dnevnik, kjer je odgovarjal na vnaprej zastavljena vprašanja in zabeležil komentarje in ugotovitve o meritvah.

Rezultati študije nakazujejo, da se je stanje sedečega položaja tekom študije izboljševalo, kar nam nakazuje, da rešitev pomaga pri vzpostavitvi nove navade: izboljšati držo hrbtenice v sedečem položaju. Trajnosti navade, ki jo je uporabnik pridobil ob uporabi aplikacije, žal nismo uspeli preveriti, saj le-ta zahteva daljše obdobje opazovanja.

Prva naloga za prihodnost je tako študija, ki spremlja uporabnikove navade v daljšem obdobju in je razdeljena na tri segmente: (i) zajem trenutnega stanja, kjer izmerimo, kako je uporabnik navajen sedeti, (ii) ustvarjanje nove navade z uporabo aplikacije, in (iii) zajem končnega stanja, kjer izmerimo nov položaj sedenja. Poleg tega pa obstaja tudi nekaj možnosti za izboljšave izdelane rešitve, kot na primer izboljšava sledenja majice v slabših svetlobnih pogojih, sledenje nog med sedenjem (pravilna drža nog je ravno tako pomemben element pravilnega sedenja [22]), igrifikacija in spremljanje navad sedenja znotraj družbenega omrežja posameznika z večanjem možnosti družbene podpore.

7 Literatura in viri

- [1] Workrite Ergonomics, “The Ergonomically Positioned Workcenter.” <http://workriteergo.com/workcenter-ergonomics/>. [Dostopano: 20. 4. 2016]. (*Citirano na straneh VII in 4.*)
- [2] B. Fogg, “Behavior Wizard.” <http://captology.stanford.edu/projects/behavior-wizard-2.html>. [Dostopano: 17. 4. 2016]. (*Citirano na straneh VII, 10 in 11.*)
- [3] SharkD, “HSV cylinder.” https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSV_color_solid_cylinder.png, 2010. [Dostopano: 2. 3. 2016]. (*Citirano na straneh VII in 23.*)
- [4] M. P. Inyang, “Sedentary Lifestyle: Health Implications,” *IOSR Journal of Nursing and Health Science Ver. I*, vol. 4, no. 2, pp. 2320–1940, 2015. (*Citirano na strani 1.*)
- [5] C. E. Matthews, K. Y. Chen, P. S. Freedson, M. S. Buchowski, B. M. Beech, R. R. Pate, and R. P. Troiano, “Amount of time spent in sedentary behaviors in the United States, 2003-2004,” *American Journal of Epidemiology*, vol. 167, no. 7, pp. 875–881, 2008. (*Citirano na strani 1.*)
- [6] T. Y. Warren, V. Barry, S. P. Hooker, X. Sui, T. S. Church, and S. N. Blair, “Sedentary behaviors increase risk of cardiovascular disease mortality in men,” *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 42, no. 5, pp. 879–885, 2010. (*Citirano na strani 1.*)
- [7] L. Le Marchand, L. R. Wilkens, L. N. Kolonel, J. H. Hankin, and L. C. Lyu, “Associations of sedentary lifestyle, obesity, smoking, alcohol use, and diabetes with the risk of colorectal cancer,” *Cancer Research*, vol. 57, no. 21, pp. 4787–4794, 1997. (*Citirano na strani 1.*)
- [8] T. A. Lakka, D. E. Laaksonen, H. M. Lakka, N. Männikkö, L. K. Niskanen, R. Rauramaa, and J. T. Salonen, “Sedentary lifestyle, poor cardiorespiratory fitness, and the metabolic syndrome,” *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 35, no. 8, pp. 1279–1286, 2003. (*Citirano na strani 1.*)

- [9] M. S. Tremblay, R. C. Colley, T. J. Saunders, G. N. Healy, and N. Owen, "Physiological and health implications of a sedentary lifestyle.," *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme*, vol. 35, no. 6, pp. 725–40, 2010. (*Citirano na strani 1.*)
- [10] J. Kraemer, "Natural course and prognosis of intervertebral disc diseases. International Society for the Study of the Lumbar Spine Seattle, Washington, June 1994.," *Spine*, vol. 20, no. 6, pp. 635–9, 1995. (*Citirano na strani 1.*)
- [11] U.S. Department of Health & Human and N. I. of Health, "Spinal Manipulation for Low-Back Pain," tech. rep., NCCIH, 2015. (*Citirano na strani 1.*)
- [12] T. S. Hakim, G. W. Dean, and R. Lisbona, "Effect of body posture on spatial distribution of pulmonary blood flow.," *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, vol. 64, no. 3, pp. 1160–70, 1988. (*Citirano na strani 1.*)
- [13] W. H. Wilson, "The influence of posture on the volume of the reserve air," *The Journal of Physiology*, vol. 64, pp. 54–64, oct 1927. (*Citirano na strani 1.*)
- [14] B. Hojat and E. Mahdi, "Effect of different sitting posture on pulmonary function in students," *Journal of Physiology and Pathophysiology*, vol. 2, no. 3, pp. 29–33, 2011. (*Citirano na strani 1.*)
- [15] H. Riihimäki, "Low-back pain, its origin and risk indicators," *Scandinavian journal of work, environment & health*, pp. 81–90, 1991. (*Citirano na strani 1.*)
- [16] A. A. K. Navaid-Us-Saba, S. I. Farooqui, and Z. Omar, "The association of sitting posture and cervicogenic pain among the students of physical therapy.," *Pakistan Journal of Rehabilitation*, vol. 1, no. 1, 2012. (*Citirano na strani 1.*)
- [17] P. Bracco, A. Deregibus, R. Piscetta, and G. Ferrario, "Observations on the correlation between posture and jaw position: a pilot study.," *Cranio: the journal of craniomandibular practice*, vol. 16, no. 4, pp. 252–258, 1998. (*Citirano na strani 1.*)
- [18] M. M. Robertson, "Health and performance consequences of office ergonomic interventions among computer workers," in *International Conference on Ergonomics and Health Aspects of Work with Computers*, pp. 135–143, Springer, 2007. (*Citirano na strani 1.*)
- [19] B. I. Martin, "Expenditures and Health Status Among Adults With Back and Neck Problems," *JAMA*, vol. 299, p. 656, feb 2008. (*Citirano na strani 1.*)
- [20] B. J. Fogg, *Persuasive Technology: Using Computers to Change What We Think and Do*, vol. 5. Morgan Kaufmann, 2003. (*Citirano na strani 1.*)

- [21] J. Sušnk, *Ergonomska fiziologija*. Didakta, 1989. (*Citirano na strani 3.*)
- [22] B. Rožanec, *Ergonomsko oblikovanje delovnega mesta*. PhD thesis, Univerza v Ljubljani, 2009. (*Citirano na straneh 3, 14, 36 in 37.*)
- [23] E. agencija za varnost in zdravje pri delu, “Ergonomsko urejena pisarna,” tech. rep., Evropska agencija za varnost in zdravje pri delu, 2007. (*Citirano na straneh 3 in 16.*)
- [24] T. B. Moeslund, A. Hilton, and V. Kr??ger, “A survey of advances in vision-based human motion capture and analysis,” 2006. (*Citirano na strani 5.*)
- [25] M. W. Lee and I. Cohen, “A model-based approach for estimating human 3D poses in static images,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, no. 6, pp. 905–916, 2006. (*Citirano na strani 5.*)
- [26] E. H. Loke and M. Yamamoto, “An Active Multi-camera Motion Capture for Face, Fingers and Whole Body,” in *Computer Vision and ACCV 2007*, pp. 430–441, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. (*Citirano na strani 5.*)
- [27] X. Zhao and Y. Liu, “Generative estimation of 3D human pose using shape contexts matching,” in *COMPUTER VISION - ACCV 2007, PT I, PROCEEDINGS*, vol. 4843, pp. 419–429, 2007. (*Citirano na strani 6.*)
- [28] S. Murphy, P. Buckle, and D. Stubbs, “The use of the portable ergonomic observation method (peo) to monitor the sitting posture of schoolchildren in the classroom,” *Applied Ergonomics*, vol. 33, no. 4, pp. 365–370, 2002. (*Citirano na strani 6.*)
- [29] B. Jansen, F. Temmermans, and R. Deklerck, “3D human pose recognition for home monitoring of elderly,” in *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings*, pp. 4049–4051, 2007. (*Citirano na strani 6.*)
- [30] Y. Yang, J. Sheng, and W. Zhou, “The monitoring method of driver’s fatigue based on neural network,” in *Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2007*, pp. 3555–3559, 2007. (*Citirano na strani 6.*)
- [31] D. Ayers and M. Shah, “Monitoring human behavior from video taken in an office environment,” *Image and Vision Computing*, vol. 19, no. 12, pp. 833–846, 2001. (*Citirano na strani 6.*)

- [32] Lan Mu, Ke Li, and Chunhong Wu, “A sitting posture surveillance system based on image processing technology,” in *2010 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology*, pp. V1–692–V1–695, IEEE, 2010. (*Citirano na strani 6.*)
- [33] D. P. Worthington, “PosuteMinder.” <http://www.postureminder.co.uk/>. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 6 in 13.*)
- [34] Philips, “Philips ErgoSensor monitor.” http://ergosensormonitor.com/intro{_}en.html. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 6 in 13.*)
- [35] Usb.brando.com, “VISOMATE-USB Vision And Posture Reminder.” http://usb.brando.com/prod{_}detail.php?prod{_}id=00234. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 6 in 13.*)
- [36] H. Z. Tan, L. A. Slivovsky, and A. Pentland, “A sensing chair using pressure distribution sensors,” *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 6, no. 3, pp. 261–268, 2001. (*Citirano na strani 7.*)
- [37] K. Kamiya, M. Kudo, H. Nonaka, and J. Toyama, “Sitting posture analysis by pressure sensors,” *2008 19th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 8–11, 2008. (*Citirano na strani 7.*)
- [38] Y.-R. Huang and X.-F. Ouyang, “Sitting posture detection and recognition using force sensor,” *2012 5th International Conference on BioMedical Engineering and Informatics*, pp. 1117–1121, 2012. (*Citirano na strani 7.*)
- [39] D. A. McCormick and R. G. Tubergen, “System to monitor task chair seating,” *Clinical Biomechanics*, vol. 18, no. 10, pp. 981–984, 2003. (*Citirano na strani 7.*)
- [40] M. P. de Looze, L. F. M. Kuijt-Evers, and J. van Dieën, “Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures.,” *Ergonomics*, vol. 46, no. 10, pp. 985–97, 2003. (*Citirano na strani 7.*)
- [41] M. D. Stinson, a. P. Porter-Armstrong, and P. a. Eakin, “Pressure mapping systems: reliability of pressure map interpretation.,” *Clinical rehabilitation*, vol. 17, no. 5, pp. 504–11, 2003. (*Citirano na strani 7.*)
- [42] S. Na, S. Lim, H. S. Choi, and M. K. Chung, “Evaluation of driver’s discomfort and postural change using dynamic body pressure distribution,” *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 35, no. 12, pp. 1085–1096, 2005. (*Citirano na strani 7.*)

- [43] S. Haveman and G. Kant, "Smart monitoring of worker posture in an office environment," *Physiological Anthropology*, 2008. (*Citirano na straneh 7 in 13.*)
- [44] W. Xu, Z. Li, M. C. Huang, N. Amini, and M. Sarrafzadeh, "eCushion: An eTextile device for sitting posture monitoring," in *Proceedings - 2011 International Conference on Body Sensor Networks, BSN 2011*, pp. 194–199, 2011. (*Citirano na strani 7.*)
- [45] B. ergonomics, "Axia Smart Chair and your personal posture coach." <https://www.bma-ergonomics.com/en/product/axia-smart-chair/{\#}ad-image-0>. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 7 in 13.*)
- [46] Darma, "Darma Smart Cushions." <http://darma.co/>. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 7 in 13.*)
- [47] L. E. Dunne, P. Walsh, B. Smyth, and B. Caulfield, "A System for Wearable Monitoring of Seated Posture in Computer Users.," *4th International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks, BSN 2007, March 26-28, 2007, RWTH Aachen University, Germany*, vol. 13, pp. 203–207, 2007. (*Citirano na strani 7.*)
- [48] K. O'Sullivan, L. O'Sullivan, A. Campbell, P. O'Sullivan, and W. Dankaerts, "Towards monitoring lumbo-pelvic posture in real-life situations: Concurrent validity of a novel posture monitor and a traditional laboratory-based motion analysis system," *Manual Therapy*, vol. 17, no. 1, pp. 77–83, 2012. (*Citirano na strani 7.*)
- [49] E. Farella, A. Pieracci, L. Benini, L. Rocchi, and A. Acquaviva, "Interfacing human and computer with wireless body area sensor networks: The WiMoCA solution," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 38, no. 3, pp. 337–363, 2008. (*Citirano na strani 7.*)
- [50] E. Farella, A. Pieracci, L. Benini, and A. Acquaviva, "A wireless body area sensor network for posture detection," in *Proceedings - International Symposium on Computers and Communications*, pp. 454–459, 2006. (*Citirano na strani 7.*)
- [51] F. Escudero, J. Margalef, S. Luengo, M. Alsina, J. M. Ribes, and J. Pérez, "Determining Position Inside Non-industrial Buildings Using Ultrasound Transducers," *Sensors*, vol. 7, no. 11, pp. 2579–2598, 2007. (*Citirano na strani 8.*)
- [52] C. Rohrig and F. Kunemund, "Estimation of position and orientation of mobile systems in a wireless lan," in *Decision and Control, 2007 46th IEEE Conference on*, pp. 4932–4937, IEEE, 2007. (*Citirano na strani 8.*)

- [53] T. Iituka, K. Shibata, and Y. Inoue, “Estimation of Radius of Curvature of Lumbar Spine Using Bending Sensor for Low Back Pain Prevention,” in *INTERACT*, pp. 533–536, Springer, 2015. (*Citirano na strani 8.*)
- [54] Upright, “Upright.” <http://www.uprightpose.com/>. [Dostopano: 6. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 8 in 13.*)
- [55] L. Bodytech, “Lumo.” <http://www.lumobodytech.com/>. [Dostopano: 6. 4. 2016]. (*Citirano na strani 8.*)
- [56] Lumo Bodytech, “Lumo Lift.” <http://www.lumobodytech.com/lumo-lift/>. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 8 in 13.*)
- [57] L. Bodytech, “Lumo Back.” <http://www.lumobodytech.com/support/using-lumo-back/>. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 8 in 13.*)
- [58] IPosture, “iPosture.” <http://www.iposture.com/>. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 8 in 13.*)
- [59] Prana, “Prana.” <http://prana.co/>. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 8 in 13.*)
- [60] Veari, “Fineck.” <https://www.kickstarter.com/projects/184140387/fineck-the-worlds-first-wearable-device-for-your-n>. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 8 in 13.*)
- [61] V. Manzano, “Wearables: How they will change the game,” *UCSD*, 2014. (*Citirano na strani 8.*)
- [62] C. Mattmann and G. Tröster, “Design concept of clothing recognizing back postures,” in *Proceedings of the 3rd IEEE-EMBS International Summer School and Symposium on Medical Devices and Biosensors, ISSS-MDBS 2006*, pp. 24–27, 2006. (*Citirano na strani 8.*)
- [63] Truposture, “Truposture.” <http://www.truposture.com/>. [Dostopano: 15. 4. 2016]. (*Citirano na straneh 8 in 13.*)
- [64] R. Ellegast, R. Hamburger, K. Keller, F. Krause, L. Groenesteijn, P. Vink, and H. Berger, “Effects of Using Dynamic Office Chairs on Posture and EMG in Standardized Office Tasks,” *Ergonomics and Health Aspects*, vol. 4566, pp. 34–42, 2007. (*Citirano na strani 8.*)

- [65] R. Comber, A. Thieme, A. Rafiev, N. Taylor, N. Kr??mer, and P. Olivier, “Bin-Cam: Designing for engagement with Facebook for behavior change,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 8118 LNCS, pp. 99–115, 2013. (Citirano na straneh 8, 9 in 35.)
- [66] H. Oinas-Kukkonen and M. Harjumaa, “Persuasive systems design: Key issues, process model, and system features,” *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 24, no. 1, pp. 485–500, 2009. (Citirano na strani 9.)
- [67] B. Fogg, “The behavior grid: 35 ways behavior can change,” *International Conference on Persuasive Technology*, vol. 350, pp. 1–5, 2009. (Citirano na strani 9.)
- [68] B. Fogg, “A behavior model for persuasive design,” *Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology - Persuasive '09*, p. 1, 2009. (Citirano na strani 10.)
- [69] W. IJsselsteijn, Y. de Kort, C. Midden, B. Eggen, and E. van den Hoven, “Persuasive technology for human well-being: setting the scene,” *Persuasive 2006*, pp. 1–5, 2006. (Citirano na strani 12.)
- [70] J. W. Davis and A. F. Bobick, “Virtual PAT: a virtual personal aerobics trainer,” *Workshop on Perceptual User Interfaces - PUI '98*, pp. 13–18, 1998. (Citirano na strani 12.)
- [71] W. IJsselsteijn, Y. De Kort, J. Westerink, M. De Jager, and R. Bonants, “Fun and Sports: Enhancing the Home Fitness Experience,” *Proceedings of the 3rd International Conference on Entertainment Computing (ICEC2004)*, vol. 3166, no. JANUARY, pp. 46–56, 2004. (Citirano na strani 12.)
- [72] PICS Inc, “QuitKey.” <http://www.quitkey.com/>. [Dostopano: 4. 4. 2016]. (Citirano na strani 12.)
- [73] Myca, “MyFoodPhone.” <http://www.cnet.com/news/myfoodphone-is-healthy-yet-inedible/>. [Dostopano: 4. 4. 2016]. (Citirano na strani 12.)
- [74] T. McCalley, F. Kaiser, C. Midden, M. Keser, and M. Teunissen, “Persuasive appliances: Goal priming and behavioral response to product-integrated energy feedback,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 3962 LNCS, pp. 45–49, 2006. (Citirano na strani 12.)

- [75] H. Kimura and T. Nakajima, “Designing persuasive applications to motivate sustainable behavior in collectivist cultures,” *PsychNology Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 7–28, 2011. (*Citirano na strani 12.*)
- [76] S. S. Ferebee and J. W. Davis, “Factors that persuade continued use of Facebook among new members,” *Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology - Persuasive '09*, p. 1, 2009. (*Citirano na strani 12.*)
- [77] J. Hardy, “Experiences,” in *Proceedings of the Designing Interactive Systems Conference on - DIS '12*, (New York, New York, USA), p. 679, ACM Press, 2012. (*Citirano na straneh 27 in 28.*)
- [78] F. H. A. Razak, *Single person study: Methodological issues*. PhD thesis, Lancaster University, 2008. (*Citirano na strani 27.*)
- [79] P. Lally, C. H. M. Van Jaarsveld, H. W. W. Potts, and J. Wardle, “How are habits formed: Modelling habit formation in the real world,” *European Journal of Social Psychology*, vol. 40, no. 6, pp. 998–1009, 2010. (*Citirano na strani 34.*)

Priloge

A Študija z dnevnikom

Št.	Dan	Ura	Na lestvici od 1 do 10 koliko sem sedel pravilno	Št. opozoril aplikacije	Na lestvici od 1 do 10 koliko je bilo moteče	Kaj sem počel vsako uroo zadržjo ura	Stopnja koncentracije 1-5	Nivo bolečin 1-10	Komentarji
1	5.7	12:00	8	10	3	pisal	3	8	Opazim bolečine v hrbtu, ker sedim brez nastojal.
2	5.7	13:00	7	15	2	pisal	3	8	Vidim, da prepoznavam majice se dela optimalno, če uporabim samo svetlobo luči.
3	6.7	10:00	9	1	1	pisal	3	8	
4	6.7	11:00	6	16	2	pisal	3	8	Zavesno preidem v nepravilno držo, ko aplikacija ne meri, da spočijem hrbet.
5	7.7	11:00	9	7	1	pisal	3	7	Rahlo manj bolečin v hrbtu.
6	7.7	12:00	7	14	1	pisal	3	7	
7	8.7	11:00	6	22	2	bral	4	7	Bolečine ko včiraj.
8	8.7	12:00	9	5	1	bral	1	7	Bolečine ko včiraj.
9	10.7	11:00	8	9	1	bral	1	6	Rahlo manj bolečin v hrbtu.
10	10.7	12:00	9	4	1	bral	1	6	
11	16.7	16:00	9	4	1	pisal	3	6	
12	16.7	17:00	8	9	3	bral	2	5	Opazam da bolečine v hrbtu se postopoma manjšajo.
13	17.7	10:00	10	0	1	pisal	3	5	
14	17.7	11:00	9	2	1	pisal	3	5	
15	24.7	09:00	10	1	1	bral	2	5	
16	24.7	10:00	9	5	1	bral	2	5	
17	25.7	16:00	8	7	1	bral	1	5	Opazim, da ne morem uporabljati slušalk, če ne preslišim opozonila.
18	25.7	17:00	8	7	1	bral	2	5	Tudi glasbe na visoki glasnosti ne morem poslušati.
19	25.7	18:00	7	8	1	bral	1	6	
20	26.7	09:00	8	7	1	bral	1	5	Truden.
21	26.7	10:00	9	4	1	bral	1	4	
22	26.7	17:00	9	6	1	bral	1	4	
23	26.7	09:00	10	0	1	bral	2	4	Opazim, da držim noge v nepravilnem položaju, tega aplikacija ne meri.
24	28.7	12:00	9	4	1	bral	2	4	
25	28.7	13:00	8	7	1	pisal	4	4	
26	30.7	12:00	10	1	1	pisal	3	2	Skoraj nič ni bolil hrbet.
27	30.7	14:00	8	7	1	pisal	5	3	Visok fokus, telo teži k nepravilni drži. Preden se to zgodi se tega zavedam in vedenje ustavim.
28	30.7	17:00	9	4	1	pisal	3	3	
29	31.7	11:00	10	0	1	bral	2	2	
30	31.7	12:00	10	2	1	bral	2	3	

B Rezultati meritev aplikacije

Št.	Dan	Ura	Odstotek opozoril (%)	Zgornji kot - povprečje (%)	Sredinski kot - povprečje (%)	Spodnji kot - povprečje (%)	Št. opozoril	Št. opozoril za zg. kot	Št. opozoril za sr. kot	Št. opozoril za sp. kot
1	5.7.2016	12:00	18,3%	66,3	88,6	90,1	11	0	0	11
2	5.7.2016	13:00	35,00%	65,1	87,3	90,2	21	0	0	21
3	6.7.2016	10:00	6,70%	64	88,7	89,4	4	0	0	4
4	6.7.2016	11:00	26,70%	63,6	88,3	90,4	16	0	1	16
5	7.7.2016	11:00	20,00%	63,5	88,4	89,9	12	0	0	12
6	7.7.2016	12:00	11,70%	63,7	88	89,4	7	0	1	6
7	8.7.2016	11:00	36,70%	64,4	86,9	90,3	22	0	0	22
8	8.7.2016	12:00	18,30%	63,9	88	89,1	11	0	0	11
9	10.7.2016	11:00	20,00%	64	87,6	89,6	12	0	0	12
10	10.7.2016	12:00	13,30%	64,6	88,5	89,5	8	0	0	8
11	16.7.2016	16:00	6,80%	66,5	86,1	88,5	4	0	0	4
12	16.7.2016	17:00	13,30%	65,8	86,4	89,2	6	0	0	6
13	17.7.2016	10:00	0,00%	64,1	88,6	88,1	0	0	0	0
14	17.7.2016	11:00	3,30%	62,8	88,2	87,3	2	2	0	1
15	24.7.2016	09:00	0,00%	65,6	88,3	87,5	0	0	0	0
16	24.7.2016	10:00	6,70%	64,4	87,9	88,9	3	1	1	3
17	25.7.2016	16:00	6,70%	65,6	87,9	88,7	4	0	0	4
18	25.7.2016	17:00	5,00%	65,3	87,7	88,5	3	0	0	3
19	25.7.2016	18:00	11,70%	65,7	86,4	89,3	7	1	0	6
20	26.7.2016	09:00	8,30%	64,8	88,4	88,9	5	0	0	5
21	26.7.2016	10:00	8,30%	63,4	87,8	88,1	5	3	0	2
22	26.7.2016	17:00	10,00%	65	87,8	88,7	6	0	0	6
23	28.7.2016	09:00	0,00%	66,2	89,2	87,1	0	0	0	0
24	28.7.2016	12:00	6,70%	64,1	87,8	88,9	4	0	0	4
25	28.7.2016	13:00	8,30%	63,9	86,9	89,5	5	0	0	5
26	30.7.2016	12:00	1,70%	65,6	88,2	88,2	1	0	0	1
27	30.7.2016	14:00	13,30%	65,1	87,1	88,9	8	0	0	8
28	30.7.2016	17:00	3,30%	64,6	88,2	88,5	2	0	0	2
29	31.7.2016	11:00	0,00%	65,9	88,6	86,1	0	0	0	0
30	31.7.2016	12:00	5,00%	65,1	88,2	87,8	3	0	0	3
Povprečja			10,80%	64,8	87,9	88,8	6,4	0,2	0,1	6,2