

DOLAZI VRIJEME INTELIGENTNE ODJEĆE

THE TIME OF INTELLIGENT CLOTHING IS COMING

Gojko Nikolić

Tekstilno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Sažetak

Prikazani su osnovni elementi inteligentne odjeće, tehnička rješenja, kao i pravac njihovog razvoja. Dana je definicija inteligentne odjeće, predložena njena podjela, te na reprezentantima prikazana njena primjena. Navedena su istraživanja kojima se žele riješiti neki postojeći problemi inteligentne odjeće kao što su trajanje napajanja i načini punjenja, te ožičenja i sl. Prikazana su originalna i patentirana rješenja nastala na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu. Inteligentna odjeća neminovno postaje svakodnevica, ne samo u područjima kao što je vojska, policija i slične službe, već i kao dobrodošla pomoć bolesnicima, a ostalim korisnicima može olakšati svakodnevni život. Ukazano je na šansu koju s inteligentnom odjećom dobiva tekstilna industrija koja nestaje u EU zbog visoke cijene proizvodnje. Neminovna je preorijentacija te industrije na inteligentnu odjeću, a time i promjena strukture proizvodnje, ali nužne su i promjene sustava pratećeg obrazovanja koje postaje izrazito polidisciplinarno.

Ključne riječi: *inteligentna odjeća, odjevno računalo, pametni tekstilni materijali.*

Abstract

In this paper are presented basic elements of intelligent clothing, technical solutions, as well as the direction of their development. It is given the definition of intelligent clothing, its division, and the application on selected examples is also presented in this paper. The list with several studies that address some existing problems of intelligent clothing such as duration of power and ways of charging, wiring and the like is part of this paper. The original and patented solutions built on Faculty of Textile Technology in Zagreb are presented. Intelligent clothing inevitably becomes an everyday routine, not only in areas

such as military, police and similar services, but also as a welcome help for patients and can also facilitate daily life for the most of users. The paper stresses the opportunity, which due to high costs vanishing textile industry in the EU, the same textile industry can get with a reorientation to intelligent clothing. For such reorientation is necessary not only to modify the structure of production, but also to change the system of accompanying education that becomes highly multidisciplinary.

Keywords: *intelligent clothing, wearable computer, smart textile materials.*

1. Uvod

1. Introduction

Odjeća spada u osnovne potrebe svakog čovjeka. Jedan je od najstarijih predmeta koje čovjek koristi. Kroz povijest odjeća je stalno doživljavala promjene, izrađivana je u početku od spojenih vlasi trave, kore drveta, krzna i kože životinja, a kasnije od vuneno pletenih ili tkanih materijala. Mijenjali su se uglavnom i materijali i konstrukcija odjeće. Odjeća čovjeka ne štiti samo od hladnoće, vlage, vjetra, kiše, pokriva osjetljive dijelove tijela i štiti od UV zračenja, ona je i statusni simbol [1]. Pokazuje i odnos svakog čovjeka prema poslu kojeg radi, ali i prema okolini, tradiciji. Određene vrste odjeće, materijali iz kojih je izrađena, njen kroj, štite osobe od ekstremnih nesvakodnevnih prilika, npr. brzine i ubrzanja (avioni, rakete), pritiska ili vakuuma (ronioci, astronauti), vatre ili ekstremnih hladnoća (vatrogasci, alpinisti), ranjavanja (vojnici, policajci) i niz drugih opasnih uvjeta rada. Razvijaju se stalno novi materijali koji odjeći daju još bolje karakteristike. Danas su suvremena rješenja tekstilnih materijala nastala pomoću

nano-tehnologije s kojom se dobivaju sasvim nova svojstva materijala, ranije nezamisliva. Već se koriste tekstilni materijali čija površina odbija kapljice vode poput lotosovog lista, tkani materijali koji sprječavaju prolaz zrna ispaljenog iz oružja ili šrapnela od eksplozivnih naprava, materijali koji uništavaju bakterije, materijali koji su električno vodljivi, materijali koji propuštaju topli zrak kada se tkanina ugrije, a zadržavaju kada je ohlađena, materijali koji reagiraju na pritisak i niz drugih. Posebno je za vojsku razvijen materijal PCM (eng. *Phase Change Material*) čija aktivna supstanca u obliku kapsula prima toplinu pri promjeni agregatnog stanja kruto-tekuće, čime akumulira razmjerno velike količine topline iz svog okoliša, a u procesu hlađenja i obrnutog procesa, akumulirana toplina se oslobađa i time potpomaže održanju tjelesne temperature [1].

Unazad dvadesetak godina u odjeću se uključuju novi elementi koji joj daju još jednu novu dimenziju multifunkcionalnost. U drugoj polovini dvadesetog stoljeća razvoj tehnike u svijetu, posebno na području elektronike i informatike, minijaturnost komponenata, doprinijeli su da se ti elementi i automatizacija, s neophodnom energetikom, ugrađuju i u odjeću, te su se postojeće koncepcije izrade odjeće morale mijenjati. To davanje odjeći novih mogućnosti je otvorilo put za nove ideje i rješenja, a time je dana nova šansa industriji odjeće. Proizvodnja konfekcijske odjeće neminovno seli ili je već odselila iz Europe na istok od Turske do Kine. Europa će zadržati samo ekskluzivne dizajnerske unikatne odjevne predmete, visoku modu i skupu kvalitetnu odjeću s markom modnih kuća. Taj nastali nedostatak posla tekstilnoj industriji u širem smislu, mogao bi biti ispunjen složenom dolazećom sofisticiranom odjećom, za koju se traže dodatna znanja i ideje.

2. Stanje tehnike

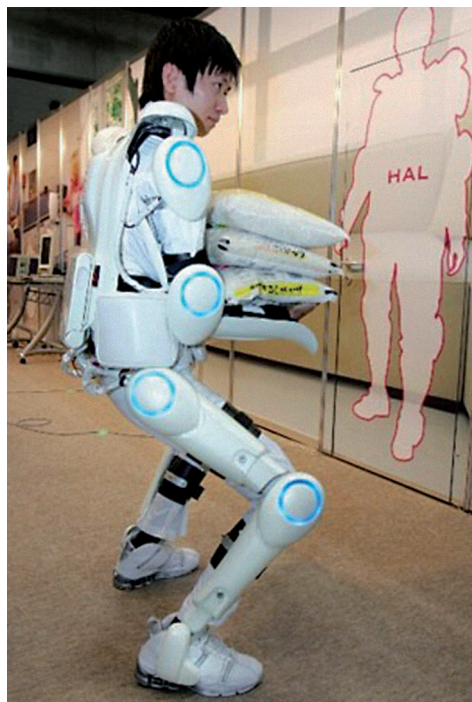
2. State of the Art

Danas razvoj znanosti i tehnike ide velikom brzinom naprijed, može se reći sve brže i brže. To je vrlo duhovito, ali istinito opisao Zvonimir Stanić, ravnatelj Carneta, riječima: “Trebalo je proći pun kufer vremena od otkrića vatre do otkrića kotača. Pa onda malo manje do parnog

stroja. Trebalo je proći vremena i vremena od otkrića pisma do tiskanja prvih knjiga...Koliko je vremena prošlo od urlika tek nastalog, ustalog homosapiensa do nastanka prve opere.....” [2]. Otkrića, izumi, te znanje temeljem istih, su sve brže nastajali i njihova količina povećavala. Do pred dvadesetak godina cjelokupno se znanje iz područja prirodnih znanosti udvostručilo u sedam godina, a pred par godina trebale su samo tri godine da bi se to dogodilo. Danas se smatra da se to događa samo unutar jedne godine. Količina znanja je ogromna, ona je svakim danom sve veća i veća, te se kroz radni vijek doživi nekoliko tehnoloških generacija. Stalno dolaze nove znanstvene i stručne spoznaje, a poneke mijenjaju postojeće, tako da se mnogi postupci i načini rada moraju modificirati. Razvoju prirodnih znanosti najviše doprinose tzv. generičke znanosti u koje spadaju: genetika, informatika, telekomunikacije i znanost o materijalima.

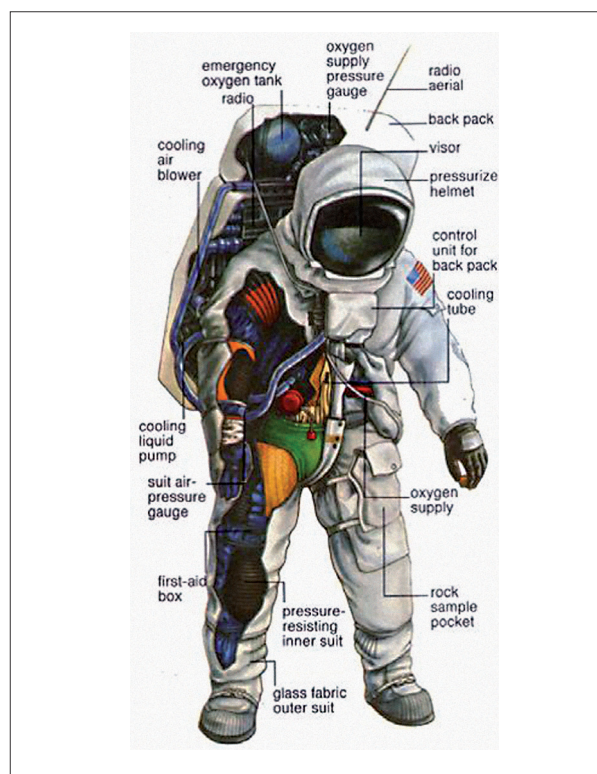
Tehničke znanosti sve više koriste idejna rješenja koja su nastala i provjerena u prirodi. Kao primjer mogu se navesti neuronske mreže i fuzzy logika, BMS (“*Biological manufacturing systems*” sustavi temeljeni na biološkim proizvodnim procesima), složene polimerno/keramičke strukture, bionički motori, bioinformatika, bio-receptori itd. itd. Nastaju novi materijali kao što su “pametni” materijali, umjetne kosti, koža, biometrički materijali, novi polimeri itd.; razvijaju se nove komponente poput ugljikovog čipa, čipa na razini atoma Fe, novog bio-čipa, tranzistori koji se sastoje od DNK i RNK, kvantna računala, novi tipovi senzora i niz drugih. Primjenjuju se minijaturne elektro-mehaničke konstrukcijske strukture MEMS (Mikro-elektromehanički sustavi) ili NEMS, (Nano-elektromehanički sustavi), koji se integriraju s elektroničkim, njihove su veličine, a donose u te sklopove (senzore, elektroničke uređaje) masu, inerciju, akceleraciju, vrtnju, pomake i sl. Primjenjuju se novi mikro tehnološki postupci poput nano-tehnologija, mikro-mehaničkih obrada, itd. Razvija se informatika i stvaraju ekspertni sustavi, umjetna inteligencija itd. itd. [3].

Primjena ne samo novih materijala, već i složenih automatskih sustava nije zaobišla niti jedan proizvod koji služi čovjeku. Primjenjuju se



Slika 1 Robotsko odijelo HAL [4]

Figure 1 Robotic suit HAL [4]



Slika 2 Astronautsko odijelo [1]

Figure 2 Astronaut suit [1]

u svim proizvodima i procesima koji ga okružuju. Ciljevi su različiti, od jeftinije proizvodnje, olakšavanja rada čovjeku, njegove zaštite,

komunikacije, praćenja zdravstvenog stanja, povećane ugone i sigurnosti kretanja itd. itd. Teško je sve ciljeve i nabrojati. Sigurno da takav trend nije mogao zaobići proizvode koji su stalno u doticaju sa čovjekom, kao što je njegova odjeća i obuća. To se mora promatrati u širem kontekstu. Pametni materijali, inteligentna odjeća i njihova primjena je svugdje gdje je tekstil sastavni dio nekog proizvoda. Postavlja se i pitanje da li je tzv. “robotsko odijelo” ili “bioničko odijelo”, poput HAL-a odnosno *Hybrid Assistive Limb*, (slika 1) [4], spada u inteligentnu odjeću ili egzoskelet odnosno neku vrstu kiborga (prema prof. I. Čatiću to je 4 stupanj kiborgizacije [5]). Da je “odjeća” širi pojam pokazuju i sadašnji trendovi vojne odjeće s novim materijalom koje razvija Američka vojska poput borbenog odijela TALOS (*Tactical Assault Light Operator Suit*) koje se nosi ispod uniforme, i predstavlja oklop koji iz fleksibilnog stanja prelazi u kruto za par milisekundi postajući tako neprobojno za neprijateljsku vatru. Dok opasnosti nema, odijelo je gibljivo i mobilno [6] [7].

Astronautsko odijelo (slika 2) djeluje izuzetno složeno i vjerojatno je tehnički najsloženije odijelo, ali postoji razlika između njega i inteligentne odjeće. Različiti senzorski i automatizirani podsustavi astronautskog odijela smješteni su izvan samog odjevnog predmeta i postavljeni u sklopu sustava za snabdijevanje zraka i za komunikaciju na leđima u kutijama. Kod inteligentne odjeće njezin sustav i svi elementi ugrađeni su unutar odjevnog predmeta [1].

Za razliku od te odjeće ima puno jednostavnijih, praktičnijih i svakodnevnih potreba za inteligentnom odjećom, od onih za bebe, bolesnike, sportaše, vatrogasce, čuvarske službe i druge.

3. Vrste inteligentne odjeće

3. Types of intelligent clothing

Termin inteligentna odjeće neki smatraju privremenim i još uvijek nedefiniranim. On danas označava odjeću koja može “pročitati” potrebe čovjeka, bez obzira o kakvim se potrebama radi, temeljem podataka unutar odjevnog predmeta ili i izvan njega, i aktivno djelovati sukladno svojoj namjeni.

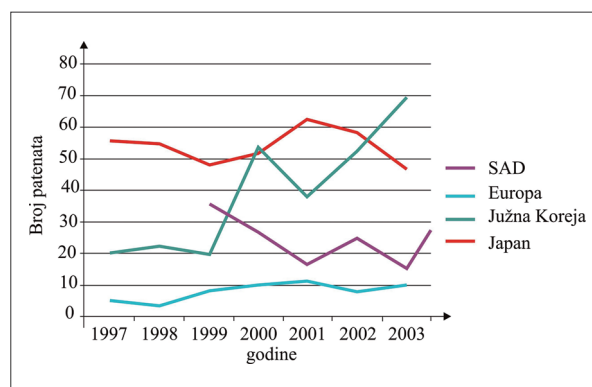
Početna podjela je nastala postepenim razvojem odjeće s ugrađenim elektroničkim elementima te su tako nastale tri skupine:

1. skupina odjeće nastale na samom početku ugradnjom jednostavnih elektroničkih uređaja (poput playera, mobitela), tipkovnica, senzora, slušalica i mikrofona te neophodnog ožičenja, a nazvana je e–odjećom (eng. *e–clothing*), ranije je bila nazivana pasivnom pametnom odjećom,
2. skupina u kojoj se osim elektroničkih uređaja ugrađuju mikroprocesori, zasloni i omogućena je dvosmjerna komunikacija vizualna ili zvukovna, prijenos podataka, unutar odjeće ali i s uređajima u okolišu, te je takva odjeća mogla obaviti određene “pametne” zadatke, pa je s toga nazvana pametnom odjećom (engl. *smart clothing*), ili ranije aktivnom pametnom odjećom,
3. skupina odjeća nastala u dvadeset prvom stoljeću, koja već u samom materijalu ima ugrađene minijaturne elektroničke komponente i senzore, komunikacijske uređaje, odjevna računala (engl. *wearable computer*) i odgovarajući softver, koja stalno analizira stanje okoliša i samog tijela nositelja odjeće, donosi samostalno odluke i prilagođava parametre odjeće potrebama nositelja, te ima aktivni karakter s elementima umjetne inteligencije, nazvana je inteligentnom odjećom (engl. *intelligent clothing*) [1], odnosno ranije elektroničkom pametnom odjećom.

Definiranje što treba nazvati pametnom, odnosno inteligentnom odjećom bio je predmet tematske grupe eksperata (*Thematic Expert Group, TEG n6*) “*Smart Textile&Clothing*” u sklopu Europske tehnološke platforme za budućnost tekstila i odjeće u organizaciji EURATEX-a u siječnju 2006. Tada se je prihvatilo da se pridjev pametan prije svega treba koristiti za tekstil, a inteligentan za odjeću. Na sastanku tematske grupe zaključeno je da bi se odjevni predmet nazvao inteligentnim mora imati ugrađene tri skupine uređaja: 1. senzorsku skupinu za mjerenja i ulaz informacija, 2. obradnu jedinicu za interpretaciju ulaznih podataka i donošenje odluka (npr. mikroručunala, mikroprocesori i sl. s pripadajućim programima) i 3. izvršne, aktuatorne jedinice koje izvode prilagodbu odjavnog predmeta i daju izlazne informacije [8].

Već znatno ranije je usvojen isti kriterij u tehnici za označavanje automatiziranih sustava i koristi se kratica SPA (Senzori–Procesori–Aktuatori). Za inteligentnu odjeću može se reći da nastaje sinergijom elektroničkih, mehaničkih komponenti, računala i tekstilnih materijala.

Različite zemlje pokazuju i različit interes za razvoj inteligentne odjeće. Najbolji pokazatelj je broj prijavljenih patenata, jer jedino inovacije vuku gospodarstvo naprijed (slika 3). U odnosu na duge zemlje Europa je pokazala da zaostaje, iako se ona objedinjena smatra intelektualnom velesilom. To se nastoji izmijeniti i uz robotiku je inteligentna odjeća jedan od pravaca razvoja EU, što upravo ukazuju i stvaranje tematske grupe eksperata navedene u prethodnom tekstu.



Slika 3 Broj patenata iz područja inteligentne odjeće (adaptirano prema [9])

Figure 3 Number of patents in the intelligent clothing field (adapted according to [9])

Namjena inteligentne odjeće je različita te ju je moguće grupirati i po tom kriteriju. Tako je korištena kao dizajnerska odjeća, odnosno modni trend, “*techno–look*” ili “*cyber look*”, za tinejdžersku interaktivnu komunikaciju u obliku poruka iskazivanjem emocija (npr. *love jacket*), estetskih signala, svjetlećih likova pripadnosti (slika 4) i sl. Koriste se i za nadzor životnih funkcija (bolesnici, dojenčad, vojska), za nadzor stanja organizma izvršnog velikim naporima (sportaši), za komunikaciju (vojska, specijalne službe), za zaštitu od izrazito niskih temperatura (vojska, sportaši, istraživači, šumari, mornari i sl.), za zaštitu od mehaničkih ozljeda (vojska, policija) i niz kombinacija tih namjena.



Slika 4 Tinejđerska jakna “Love jacket” i dizajnerska “Bubelle” haljina

Slika 4 Teen “Love jacket” and designer “Bubelle” dress

3.1. Odjeća modnog trenda

3.1. Fashion trends

Većina složenijih dizajnerskih inovacija danas je još uvijek konceptualna (ne nosiva) jer postoji niz zapreka u tehničkom smislu koje u budućnosti tek treba riješiti. Takvi modeli prikazuju se na izložbama, a zatim završavaju u galerijama i muzejima suvremene umjetnosti. Do sada su tehnička rješenja bila preskupa i neprikladna da bi se ugrađivala u pre-ta-porter (eng. *Ready to wear*) odjeću. Sa sve većom elektroničkom jednostavnošću i minijaturnošću, s pojednostavljenim upravljanjem, nižom cijenom, biti će ih sve jednostavnije ugrađivati i tako utjecati na odjevnu modu. Rješenja poput “Love jacket” ili odjeće s napisanim svjetlećim porukama ili simbolima su jednostavna i ona su u raznim inačicama doživjela komercijalnu primjenu.

Nema sumnje da će uz brzi razvoj nanotehnologije, biotehnologije i općenito znanosti, modni kreatori i tekstilni inženjeri u budućnosti imati puno posla. Od njih se očekuje da budu futurolozi i izumitelji te da prate najnovije tehnološke mogućnosti kako bi se u skladu s njima izrađivao prikladan dizajn.

Različiti odjevni i nosivi proizvodi, osim opisanih jakni, mogu postati inteligentni, poput hlača, kapa, torbica, cipela (npr. Adidas tenisice) i niz drugih. Da li tu spadaju narukvice, naočale, kacige motorista ili pilota, stvar je pristupa. Iako su dio nosivih predmeta, dio garderobe, za izlazak ili posao, postoje različiti stavovi oko toga.



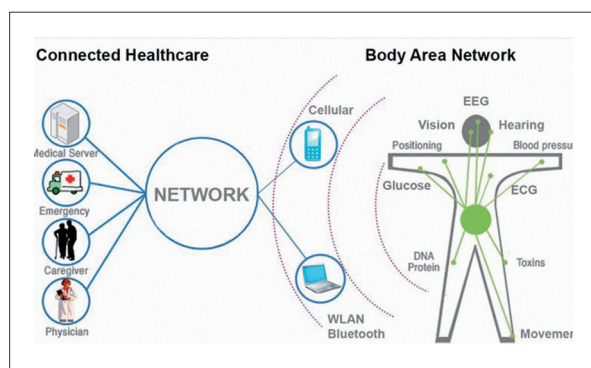
Slika 5 Inteligentne rukavice s višestrukim funkcijama [11]

Figure 5 Multi-function intelligent gloves [11]

Često se proizvode i inteligentne rukavice koje mogu biti samo modne “cyber-look”, ali uz zaštitu od hladnoće u njih mogu biti integrirane slušalice i mikrofoni (slika 5). Spojene su preko smartphone-a putem Bluetooth-a i omogućuju jednostavno komuniciranje oblikovanjem ruke u obliku telefona [11].

3.2. Odjeća namijenjena nadzoru bitnih životnih funkcija tijela

3.2. Smart clothing for monitoring vital bodily functions



Slika 6 Načelni prikaz mogućih nadzora životnih funkcija čovjeka i bežični prijenos podataka za odjela namijenjena bolesnicima [14]

Figure 6 Concept of human vital functions monitoring and wireless body network for patients' smart suit [14]

Davna je želja liječnika da stalno mogu prati stanje bolesnika ne samo kada su kod njih u ambulanti ili bolnici već i izvan u normalnom životu. To sada omogućuje inteligentna odjeća. Prate se razni parametri od EFG, ECG, razina šećera, toksina, proteina, krvni tlak i niz drugih, a ti dobiveni podaci stalno se šalju liječniku.

Moguće je preko inteligentne odjeće povezivanje bolesnika i s drugim službama poput hitne medicinske službe, patronažne službe i sl. (slika 6).



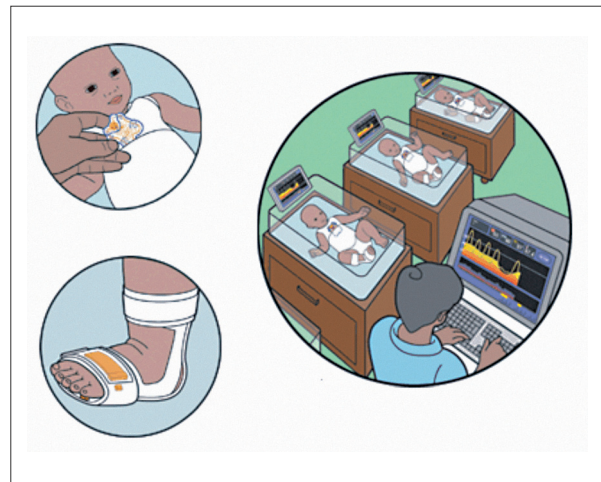
Slika 7 Odjeća za nadzor bolesnika s padavicom [13]

Figure 7 Smart clothing for epilepsy patient monitoring [13]

Kod nekih bolesti kod kojih se simptomi pojavljuju slučajno, i teško se mogu odrediti neposredni uzroci koji ih iniciraju, važno je pratiti stanje pacijenta kroz duže vrijeme u različitim životnim situacijama te analizom napadaja ustanoviti moguće uzroke. To je slučaj za veliki broj ljudi (oko 20 miliona ljudi) u svijetu koji pate od epilepsije. Razvijen je WEMU (*Wearable Epilepsy Monitoring Unit*) kontrolni uređaj kojeg sačinjavaju košulja i kapa s ugrađenim sensorima koji prikupljaju biometrijske podatke (slika 7). Podaci se prenose putem smartphona ili tableta na centralno mjesto gdje se obrađuju i analiziraju. Sustav često može pružiti rano predviđanje predstojećeg napada i upozoriti pacijenta kako bi se pripremio. Taj sustav omogućuje bolje razumijevanje epilepsije iz čega može proizaći učinkovitiji tretman bolesti [13].

U ovu skupinu inteligentne odjeće spada i odjeća koja prati vitalne signale kod novorođenčadi, a posebno iznenadni prestanak disanja. Razvijen je bežični sustav veličine kreditne kartice za praćenje stanja novorođenčadi, koji se ugrađuje u tkanine i prati respiratorne i srčane parametre kao i temperaturu, (slika 8) [1] [15].

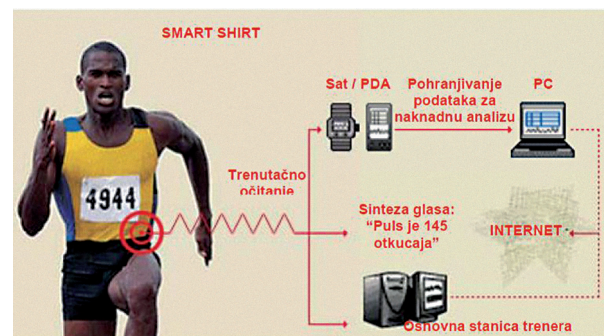
Na sličan način riješen je inteligentnom odjećom i nadzor i praćenje životnih funkcija kod napornih treninga ili natjecanja sportaša



Slika 8 Nadzor vitalnih funkcija novorođenčadi [15]

Figure 8 Neonatal monitoring of vital functions [15]

(slika 9). Koristi se kako bi sportaši poboljšavali svoje sportske mogućnosti. Tijekom sportskih i ostalih tjelesnih aktivnosti, takva vrsta odjevnih predmeta, temeljem dobivenih podataka, daje sigurnost da su ti tjelesni napori u granicama sigurnih parametara [1].



Slika 9 Praćenje određenih životnih parametara kod treninga [1]

Figure 9 Monitoring of certain vital parameters during the training [1]

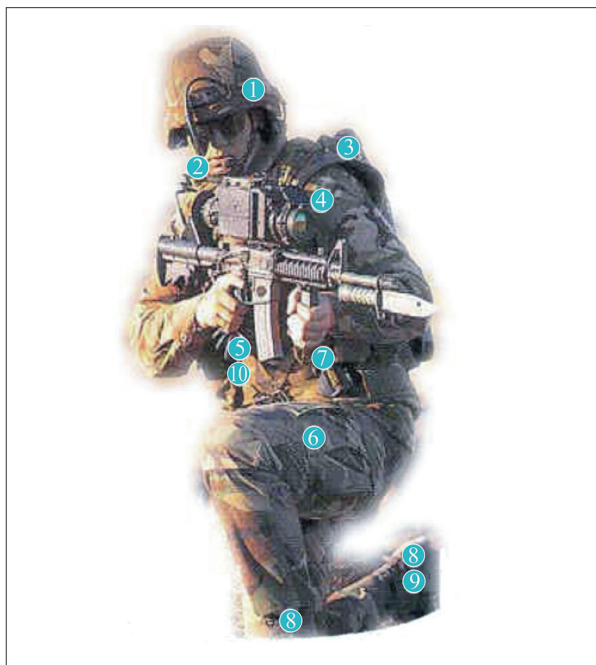
3.3 Odjeća za vojsku (policiju i sl. službe)

3.3 Intelligent clothing for military (police and similar services)

Već je ranije ukazano na razvoj materijala za izradu vojne odjeće. Zaštita života vojnika, prepoznavanje stanja vojnika kod ozljede, trauma, njegova lokacija za evakuaciju i sl., te mogućnost efikasnijeg organiziranja ratovanja, neki su od razloga zbog kojih vojska ulaže ogromna sredstva

u pronalaženje stalno novih i boljih rješenja. Često su to kombinacije zahtjeva specifičnih za odjeću bolesnika, s drugim tipično vojnim potrebama.

Već su danas u vojnoj odjeći ugrađeni sljedeći senzori odnosno, uređaji (slika 10): 1. Praćenje električne aktivnosti mozga (EEG) i količine kisika u mozgu; 2. Praćenje i analiza zvuka iz okoline, 3. Navigacija (akcelerometar, GPS, magnetometar, visinomjer); 4. EKG, EMG (praćenje stanja srca i mišića); 5. Praćenje temperature; 6. Praćenje infracrvene i druge tehnologije, pH, glukoze, laktata; 7. Praćenje aktivnosti vojnika; 8. Pozicija stopala, obuće (stanje svijesti); 9. Kontakt stopala (težina, pokretljivost); 10. Bežični komunikacijski uređaj. Predviđa se u skoroj budućnosti postavljanje senzora ili uređaja koji bi ustanovljavali važne fiziološke osobine: a) pothlađenost (hypotermija); b) pregrijavanje (hypertermija); c) nedostatak kisika (hypoxija); d) zamor; e) popuštanje budnosti; f) dehidraciju; g) fiziološki stres; h) poremećaj ritma spavanja; i) desinhronizaciju životnih funkcija; j) izloženost eksplozijama i napadima; k) izloženost otrovima i dr.[3].



Slika 10 Odijelo vojnika s ugrađenim sensorima i elektroničkim uređajima [3]

Figure 10 Military suit embedded with sensors and electronic devices [3]

Razumljivi su razlozi da u razvoj inteligentne odjeće najviše ulaže vojska, a postignuti rezultati su imponantni.

4. Tehnička rješenja primjenjena kod inteligentne odjeće

4. Technical solutions applied in intelligent clothing

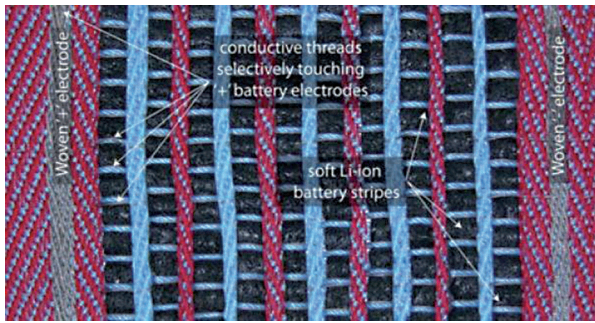
Inteligentna odjeća, kako je već rečeno, je sastavljena, kao i svaki automatizirani uređaj, od senzora, procesora i aktuatora (SPA), samo su specifičnosti tkanina kao materijala za izradu odjeće, namjena razne vrste odjeće, te stalni dodir sa čovjekom, odredili njenu zahtjevnost i delikatnost. Osim navedenih sastavnih elementa inteligentne odjeće, nužno je osigurati i odgovarajuće napajanje te ožičenje. U odnosu na druge automatizirane uređaje kod odjeće su primijenjena posebna rješenja specifičnog ožičenja i vrste vodljivih niti, napajanje kao i specifično odjevno računalo.

4.1. Ožičenje

4.1. Wiring

Kao ožičenje koriste se utkane vodljive metalne, plastične ili optičke niti. Eksperimentira se i s tiskanim grafitnim nanosom na tkaninu. Za stvaranje mreže u inteligentnim odjevnim predmetima koriste se vodljiva vlakna ili metalne niti izrađene iz željeznih legura, nikla, titana, bakra ili ugljika (slika 11). Niti se izrađuju s promjerom od 1 do 80 μm , a omogućuju uspostavu mreže kroz koju se mogu razmjenjivati podaci brzinom od 400 Kb/s [1].

U USA razvijena je, primarno za vojsku, tzv. "odjevna računalna matična ploča – ORMP" (eng. *Wearable motherboard*) načinjena od optičkih vlakana sa zadatkom detektiranja prostrijelih mjesta tijekom borbe, te povezivanja senzora za vitalne tjelesne funkcije. Kod nje su utkana polimerna optička vlakna i vodiči koji s tkaninom čine jedinstvenu cjelinu. Budući da je ta je matična ploča namijenjena kao podloga za ugradnju senzora, upravljačkih funkcija i računalno informatičkih naprava, ona je centralni nosivi dio sustava inteligentne odjeće (slika 12).



a)



b)

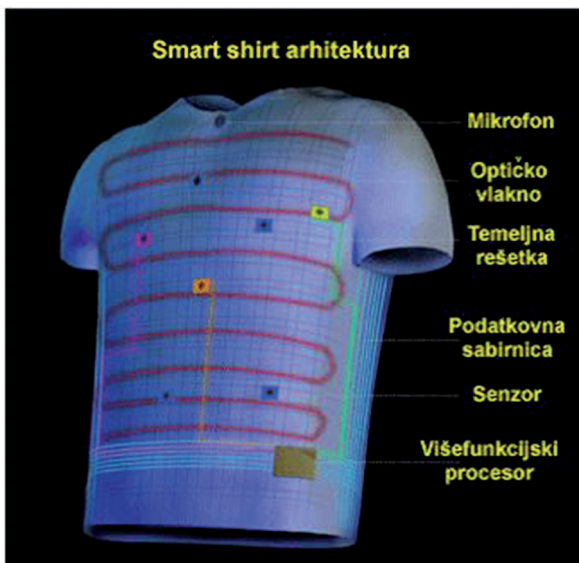
Slika 11 Ožičenja u tkanini

- a) vodljiva vlakna utkana u osnovni tekstilni materijal,
- b) izvezena tastatura vodljivim nitima na rukavu

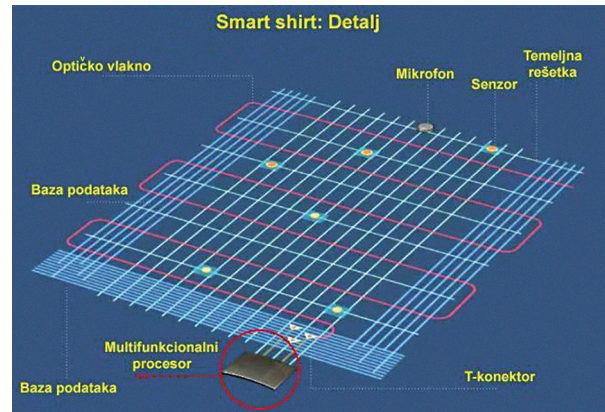
Figure 11 Wiring of textile material

- a) conductive threads woven into the basic textile structure
- b) keyboard embroidered with conductive threads on a sleeve

U nju su utkane podatkovne sabirnice, a spojeno je i višefunkcijsko računalo [1].



a)



b)

Slika 12 Odjevna računalna matična ploča, a) oblik i temeljna građa ORMP, b) detalj strukture ORMP [1]

Figure 12 Wearable motherboard (WM) a) shape and basic structure of WM b) a detail of the WM structure [1]

Stvaranje mreže i međusobno neprekinuti vodovi, nametnuli su i novi način izrade takve odjeće. Rješenja se nalaze u izradi odjeće na pletaćim strojevima, iako to nije jedino tehničko rješenje.

4.2. Napajanje

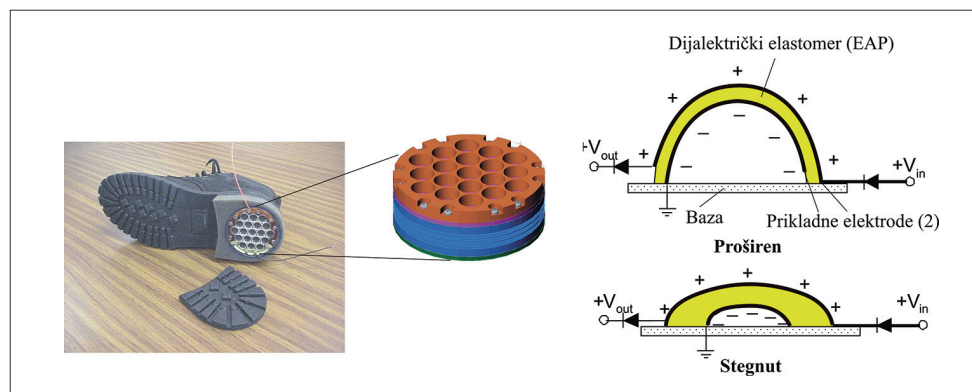
4.2. Power supply

Današnje napajanje inteligentne odjeće preko sustava baterija ukupne snage 1-3W čini oko 50% težine svih ugrađenih elementa. Taj problem težine baterija i njihove trajnosti se sada intenzivno rješava. Drugi problem je punjenje baterija. Punjenje po danu osigurano je fotonaponskim panelima (slika 13).



Slika 13 Ugrađeni fleksibili fotonaponski paneli na leđima inteligentne jakne [1]

Figure 13. Flexible photoponic panels embedded in the back of an intelligent jacket [1]

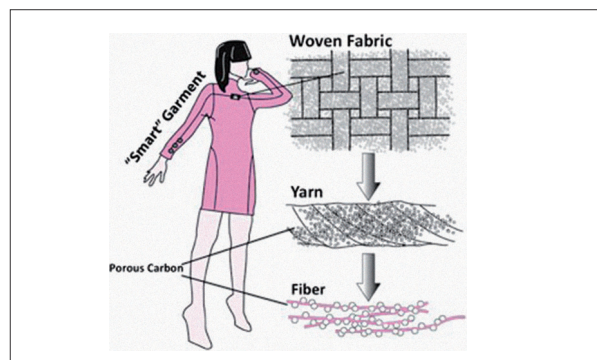


Slika 14 Energija iz pete korištenjem EAP-a [12]

Figure 14. Power generated by heel strike using EAP-a [12]

Kako po noći tog napajanja nema pristupilo se traženju drugih mogućnosti. Pomak i kretanje čovjeka može putem odjeće stvoriti dovoljno energije za punjenje baterija. Pomak ruksaka i podstave daje 0.5–5W, njihanje udova 0.2–3W, cipela (ravni dio pete i pregibni dio) 2–20W, pomak torza disanjem ili rutinskim kretanjem 0.1–1W, ručno ili nožno pokretanje (kratki pokreti) nekog uređaja poput ručice generatora za opasnost 10–100W. Također energija kompresije pete normalne veličine pretvorena po koraku može biti do 5J, te je snaga proizvedena (u oba stopala) za vrijeme hodanja je 1W do 10W, za što se koriste elektroaktivni polimeri EAP (slika 14) [12]. Također je razvoj usmjeren i na ugradnju minijaturnog generatora u petu cipele, koji pritisak tijela tijekom hodanja pretvara u električnu energiju [1].

Rješenja baterija, odnosno elemenata za akumulaciju električne energije, se traži u impregniranju tkanje ili pletene tkanine s ugljikom u prahu koji se umetne u te pore. Time se postiže veća kapacitivnost u odnosu na druge tehnike. Računa se da će se na taj jednostavan i jeftin način moći uskladištiti znatno veća količina električne energije (slika 15) [10].



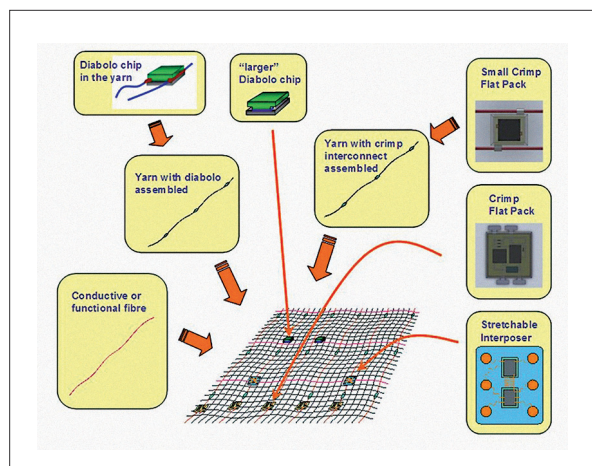
Slika 15 Nova rješenja baterija impregnacijom tkanine s poroznim ugljikom [10]

Figure 15 New solutions to battery storage - porous carbon impregnated textile [10]

4.3. Integracija komponentata

4.3. Component Integration

Integracija elektroničkih komponentata, senzora, procesora u tekstilne materijale bila je jedino moguća kada su oni postali dovoljno maleni, da ne remete funkciju odjeće, nosivost i izgled. Danas je to moguće i to je jedan od razloga velikog broja primjene i rješenja inteligentne odjeće.



Slika 16 Integracija elektroničkih elemenata i ožičenja u tekstilne materijale [16]

Figure 16 Integration of electronic elements and conductive threads in smart textile materials [16]

Projekt PASTA (*Integrating Platform for Advanced Smart Textile Applications*) u sklopu Europskog FP7 (*Framework Program*) ima za ciljeve razvijanje velikih područja pametnog tekstila, te dobivanje postupka prikladnog za proizvodnju. Novo razvijena tehnologija i postupci temelje se na mehaničkom utiskivanju komponenti, te razvoj rastezljivih umetaka kao sučelja između krutih komponenti i elastične tkanine (slika 16) [16].

Jedan od problema inteligentne odjeće je perivost. Zbog elektroničkih komponenata inteligentna odjeća se ne može prati kao klasična odjeća. Taj problem se do sada rješavao na način da su elektronički sklopovi bili instalirani na posebnim umecima, koji su se prilikom pranja vadili i nakon pranja ponovo umetali. Vjerojatno će se doskočiti tom problemu ili pranjem koje neće utjecati na elektroniku, ili na drugi način. Mnogi već danas ističu da će se problem perivosti uskoro riješiti [16].

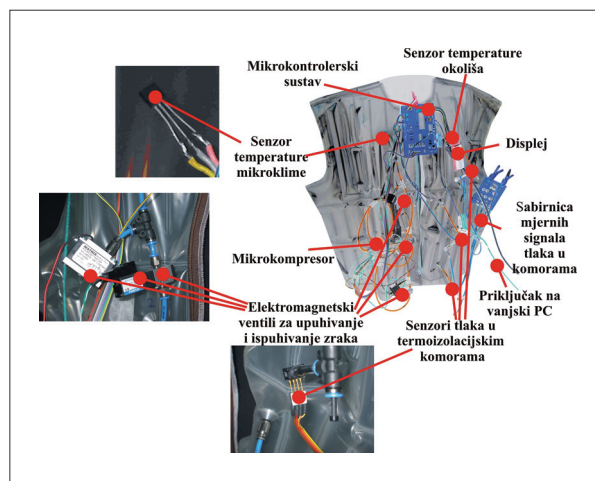
5. Rješenja u Hrvatskoj, šansa za gospodarstvo

5. Solutions in Croatia - opportunity for the economy

Na Zavodu za odjevnu tehnologiju Tekstilno –tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, razvijen je inteligentni odjevni predmet s aktivnom termičkom zaštitom (patent br. PK20030727) [17]. Promijenjen je pasivni karakter termičke zaštite odjeće i pretvoren u aktivni na način da odjeća, temeljem toplinskog stanje tijela i okoliša, sama podešava karakteristike i vrijednosti toplinske izolacije odjavnog predmeta (slika 17) [1]. Nakon velikog broja ispitivanja inovatorska skupina ustanovila je da odjeća u potpunosti ispunjava postavljene zadatke. Tijekom ispitivanja pokazalo se međutim da se mogu realizirati i bolja rješenja posebno u tehničkom smislu. Temeljem tog iskustva osmišljeno je novo rješenje koje je također patentirano (patent br. PK20080116), (slika 18) [18].

U cilju objektivnog ispitivanja termalnih svojstava tako konstruiranog inteligentnog odjavnog predmeta te ustanovljavanja njegovog ponašanja u promjenjivim (ali normiranim) uvjetima projektiran je i tzv. termalni maneken (slika 18), koji je bio inovativan u odnosu na postojeća rješenja u svijetu, te je također patentiran (prijava patenta br. P20130350A) [19].

I jedno i drugo rješenje inteligentne odjeće se temelji na sustavu više zračnih komora koje napuhavanjem ili ispuhavanjem stlačenog zraka mijenjaju svoju debljinu, a zrak kao izvršni izolator topline utječe na toplinski protok. Kod povećanog zagrijavanja tijela unutar odjeće ono se dodatno hladi mlaznicama stlačenim zrakom. Za realizaciju tog automatskog sustava osim



Slika17 Uložak inteligentnog odjavnog predmeta s aktivnom termalnom zaštitom razvijenog na TTF-u,

Figure 17 A smart garment inner jacket with active thermal protection developed at TTF



Slika 18 Jedan od izumitelja, prof. D. Rogale u inteligentnom odjevnom predmetu u klima komori s tzv. termalnim manekenom

Figure 18 One of the inventors, Prof. D. Rogale wearing a smart garment in thermoinsulation chamber with the so-called thermal mannequin

senzora topline, tlaka, nužni su i minijaturni pneumatski elementi od ventila do minijaturnog kompresora. Sustav je upravljan procesorima, uz korištenje softvera s algoritmom ponašanja: Podaci o stanju parametara sustava daju se vizualno na zaslonu na rukavu. Ugrađen je softver koji se brine oko najekonomičnije potrošnje energije i sl. Taj inteligentni odjevni predmet doživio je brojne nagrade na sajmovima inovacija po cijelom svijetu. Isto tako i termalni maneken je prepoznat kao interesantno

inovativno rješenje i također nagrađivan nagradama na sajmovima inovacija.

Rečeno je da je inteligentna odjeća izazov za tekstilnu industriju i dobrodošla zamjena i supstitut za konfekcijske proizvode koji više ne mogu konkurirati po cijeni onima sa istoka. Industrija može ići naprijed samo ako plasira nova inovativna rješenja koje konkurencija nema. Za takav pristup upravo je idealno rješenje inteligentna odjeća kojoj je inovativna svaka nova namjena, kao i novo tehničko rješenje koje svakim danom omogućuje razvoj elektronike i informatike. Takvu orijentaciju na vrijeme trebaju prepoznati i obrazovne institucije kako bi za industriju pripremile polidisciplinarni stručni kadar. Nažalost kod nas je izgleda na svim razinama prisutan konzervativizam koji ne prepoznaje te trendove ili zazire od njih.

6. Zaključak

6. Conclusion

Dvadeset i prvo stoljeće je stoljeće inovacija i ogromnih promjena. Onaj koji ne prepozna trendove neće se uklopiti u nove potrebe i neće moći opstati na tržištu. Predviđa se npr. da će roboti u sljedećih desetak ili dvadeset godina potpuno promijeniti svijet. Te će se promjene reflektirati i na socijalne odnose u društvu, i do sada još nezamislive društvene i međuljudske odnose (čovjek–robot, živo–neživo). Iz toga će proizaći niz etičkih i moralnih dilema i pitanja,

koja će biti vrlo kompleksna i koja možemo sada samo tek naslutiti. To će se u drugom obliku dogoditi sa sve snažnijim prodorom elektronike i automatizacije u odjeću. Inteligentna odjeća će za koju godinu biti sastavni dio našeg života, bilo da će je nositi bolesnici ili djelatnici u sklopu radnog mjesta. Sada je možda prigoda da se hrabrije krene k tom cilju. Pogotovo što se trenutno razvijaju odjevni proizvodi kojima su ciljane skupine one koje ulažu znatna financijska sredstva u to (vojska) ili su primorani imati ih ne pitajući previše za cijenu (bolesnici). Nakon toga dolazi na red šira primjena, kada cijena takve odjeće budu pristupačna prosječnom kupcu.

Interesantna su razmišljanja dizajnera koji su svjesni da su revolucionarne tkanine i odjeća pred vratima, ali današnja modna industrija još ne zna odgovor da li je postojeći trend razvoja pametne odjeće za nju dobar ili ne. Postoji bojazan da će takva revolucija biti na njezinu štetu. Postavljaju se brojna pitanja kada i kako će sve navedeno postati ulična moda, da li će to voditi pozitivnijoj kvaliteti života ili je riječ o užasavajućoj viziji? Pri tome su različiti pristupi i pitanja poput: da li današnji kupci odjeće žele odjenuti odjeću s ugrađenim high-tech elementima koja nekima djeluje hladno i sintetičko i žele li privatnost umjesto iPod-a na rukavu? [1]. Da li je to umjetna dilema, otpor prema novome, koja je također postojala i kod početnog korištenja mobitela, a koju danas više nitko ne spominje? Rezultat se zna: bez mobitela više se ne može zamisliti svakodnevni život.

7. Reference

7. References

- [1] Firšt-Rogale S., Rogale D., Nikolić G., Dragčević Z.: *Inteligentna odjeća*, znanstvena knjiga, Sveučilište u Zagrebu & TTF, Zagreb 2014., ISBN 978-953-7105-52-5
- [2] Stanić Z.: Pit, i to je Amerika, članak u časopisu Vidi 224/2014., str 148.
- [3] Nikolić G., Rogale D.: *Mikropneumatika*, sveučilišni udžbenik, TTF&Zrinski, Zagreb, 2009. ISBN 978-953-7105-24-2
- [4] Ricker T.: The HAL-5 ready to battle, dostupno na: <http://www.engadget.com/2005/12/02/the-hal-5-ready-to-battle/>, objavljeno 02.12.2005.,
- [5] Jagačić B.: Kiborzi među nama, dostupno na: <http://zg-magazin.com.hr/kiborzi-medu-nama/>, objavljeno 14.11.2012.
- [6] Čuto T.: Novo super odijelo za američke vojnike pretvara ih u stvarnu verziju Iron Man-a, dostupno na: http://zimo.dnevnik.hr/tehnologija/novo-super-odijelo-za-americke-vojnike-pretvara-ih-u-stvarnu-verziju-iron-man-a/7514#.U8ahOpR_u-k, objavljeno 14.10.2013.,
- [7] Handabaka A.: NEVJEROJATNO NOVO ORUŽJE AMERIČKE VOJSKE 'U ovom neprobojnom oklopu naši vojnici će biti

- poput Iron Mana', dostupno na: <http://www.jutarnji.hr/-u-ovom-odijelu-vojnici-ce-bit-i-poput-iron-mana-/1165665/>, objavljeno 16.02.2014.
- [8] Firšt-Rogale S., Rogale D., Nikolić G., Dragčević Z., Bartoš M.: Inteligentni odjevni predmet s aktivnom termičkom zaštitom, Zbornik radova Znanstveno stručnog savjetovanja TZG, Zagreb 2008., str. 27-35.
- [9] Gilsoo C., editor: Smart Clothing – Technology and Application, CRC Press, NY, 2010., ISBN 978-1-4200-8852-6
- [10] New power for smart garments, dostupno na: <http://blogs.rsc.org/ee/2011/10/24/new-power-for-smart-garments/>, objavljeno 24.10.2011.
- [11] What's Next for Wearables?, dostupno na: <http://www.yaobot.com/9578/whats-next-wearables/>, objavljeno 31.12.2014.
- [12] Kornbluh R: Power from Plastic: How Electroactive Polymer "Artificial Muscles" will Improve Portable Power Generation in the 21st Century Military, prezentacija SRI International 07.2003. dostupno na: www.dtic.mil/ndia/2003triservice/korn.ppt
- [13] CES 2015: Wearable Sensors for Clinical Patient Monitoring, dostupno na: <http://healthtechinsider.com/2015/01/15/ces-2015-wearable-sensors-clinical-patient-monitoring/>, objavljeno 15.1.2015.
- [14] Pitu T.: Tag: smart clothing smart clothing, dostupno na: <http://www.zmescience.com/tag/smart-clothing/>, objavljeno 10.12.2014.
- [15] Intelligent clothing, Hospital Monitoring, dostupno na: <http://www.intelligentclothing.com/hospitalproduct.html>
- [16] Bringing smart textile to industrial manufacturing level, dostupno na: <http://phys.org/news/2010-11-smart-textile-industrial.html>, objavljeno 03.11.2010.
- [17] Rogale D., Firšt-Rogale S., Dragčević Z., Nikolić G.: Inteligentni odjevni predmet s aktivnom termoregulacijskom zaštitom, patent br. PK20030727
- [18] Firšt-Rogale S., Rogale D., Nikolić G., Dragčević Z., Bartoš M.: Odjevni predmet s adaptivnim mikroklimatskim stanjima, patent broj PK 20080116
- [19] Rogale D., Nikolić G.: Mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće, br. prijave patenta P20130350A.

AUTOR · AUTHOR



Gojko Nikolić

Redovni je profesor u trajnom zvanju. Na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu je diplomirao 1962., magistrirao 1971. i doktorirao 1985.

Radio je u industriji 30 godina.

Istovremeno s radom u industriji, predavao je 30 godina na FSB i 11 godina na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu. Na tom fakultetu izabran je u počasno zvanje "Posebno istaknuti profesor". Dopisni je član Međunarodne

akademije tehničkih znanosti. Dobitnik je većeg broja priznanja i nagrada. Začetnik je primjene automatizacije proizvodnje u Hrvatskoj, a na FSB je uveo nova područja iz automatizacije. Objavio je veći broj znanstvenih i stručnih radova, 27 knjiga, od kojih 12 sveučilišnih udžbenika i jednu znanstvenu. Zajedno s inovatorskim timom ima 18 patenata. Područje djelovanja je automatizacija, primjena robota u tekstilnoj industriji, inteligentna odjeća, a sada primjena robota u neurokirurgiji i u terapiji.

Korespondencija:

gojko.nikolic@ttf.hr