

Priznanja djelatnicima Tekstilno-tehnološkog fakulteta za izume inteligentne odjeće i termalnog manekena

Izv.prof.dr.sc. **Snježana Firšt Rogale**, dipl.ing.
 Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu
 Zavod za odjevnu tehnologiju
 Zagreb, Hrvatska
 e-mail: sfrogale@ttf.hr

Prikaz

Odjeća je jedan od najstarijih ljudskih uporabnih predmeta koji su oduvijek imali zaštitnu funkciju od klimatskih utjecaja (ponajprije od hladnoće, vlage, vjetrova, vrućine, kiše, UV zračenja sunca), a potom i od utjecaja okoliša (prašina, blato). Kasnije je odjeća pridobila mehaničku zaštitnu funkciju, štiteći zanatlije, poljodjelce i vojnike od mehaničkih ozljeda i udaraca. Potom je poprimila i dodatne funkcije označavanja staleške pripadnosti svog nositelja ili njegov rang na hijerarhijskoj ljestvici unutar organizacijskih skupina (vojska, svećenstvo, vladari). Tek je kasnije odjeća poprimila attribute uljepšavanja (ukrašavanja, isticanja i zavođenja). Jedna od posljednjih funkcija odjeće, razvijenih tijekom 20. stoljeća bila je i funkcija izražavanja stavova (moralnih, socioloških ili religioznih) što se je nazivalo govorom odjeće.

U drugoj polovici 20. stoljeća, nakon uspješne provedbe tehnološke minijaturizacije jednostavnih elektroničkih naprava, senzora, tipkovnica i baterija, u odjevne predmete započela je integracija električkih i elektroničkih jednostavnijih uređaja. U odjeću su integrirani elektronički uređaji koje nositelj odjevnog predmeta najčešće nosi sa sobom, poput mobitela i MP3 playera. Takvu vrstu odjeće najbrže su prihvatili mlađi naraštaji a sama pojava takve vrste odjeće ukazala je na uspješnu mogućnost inte-

gracije električkih i elektroničkih komponenata i uređaja u odjeću. Takva vrsta odjeće ubrzo je nazvana E-odjećom (E-clothing). Kasnije su se pojavile i nove namjene E-odjeće poput iskazivanja emocija nositelja, za iskazivanje estetskih komponenata poput svjetlosnih efekata, ali i niza praktičnih namjena za sudionike u prometu i/ili radnike koji rade na prometnicama u uvjetima smanjene vidljivosti.

Zajedničko obilježje E-odjeće je da je u njoj ugrađena baterija, ožičenje koje dovodi električnu energiju do drugih naprava, jednostavnije elektroničke naprave, senzori i tipkovnice.

Dogradnjom mikroročunala i displeja uz postojeće elemente u E-odjeći te omogućavanjem dvosmjernе komunikacije s nositeljem odjevnog predmeta i okolišem, krajem 20. stoljeća pojavila se nova vrsta odjeće koja je mogla obavljati pojedine pametne zadatke te je stoga nazvana pametnom odjećom (smart clothing). Ugrađeno mikroročunalo dalo je potpuno novi zamah razvoju pametne odjeće s obzirom na to da je nositelj odjevnog predmeta mogao koristiti zamjetnu procesnu snagu mikroročunala, upravljati njime preko ugrađenog displeja i na displeju motriti prikazane podatke. Komunikacija odjevnog predmeta s čovjekom postala je moguća najčešće putem mikroročunala i njegovog displeja najčešće vizualnim ili

zvukovnim načinom. Isto tako, omogućena je i podatkovna i upravljačka komunikacija unutar odjevnog predmeta, odnosno između ugrađenih komponenata, ali i s drugim uređajima i sustavima koji se nalaze u okolišu odjevnog predmeta i njegovog nositelja. Najviše se počela koristiti za vojne, zdravstvene, sportske i rekreativne svrhe.

Prelaskom u treće tisućljeće započelo se govoriti o inteligentnoj odjeći (Intelligent clothing) koja bi po svojim obilježjima trebala daleko nadmašiti konvencionalnu odjeću, E-odjeću i pametnu odjeću. To bi se trebalo ostvariti ugradnjom minijaturnih elektroničkih komponenata, izrazito malih nanotehnoloških osjetila i izvršnih naprava, komunikacijskih elemenata i elektroničkih računala izravno u tekstilne materijale, odnosno u odjeću. Tako bi inteligentni odjevni predmet mogao stalno motriti stanje okoliša i stanje svoga nositelja kako bi se mogao optimalno prilagođavati potrebama nositelja u skladu s uočenim promjenama okoliša. Mjerio bi i analizirao parametre okoliša, vrednovao bi ih s pomoću ugrađenog elektroničkog računala, a potom bi donosio samostalno odluke kojima bi prilagođavao odjevni predmet uvjetima okoliša. Na taj način, suvremena inteligentna odjeća bi poprimila aktivan karakter s elementima umjetne inteligencije, za razliku od konven-

cionalne odjeće čiji je karakter poglavito pasivan. U Zavodu za odjevnu tehnologiju Tekstilno-tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, tim, čiji je voditelj prof.dr.sc. **Dubravko Rogale**, u kojem su uključeni izv. prof.dr.sc. **Snježana Firšt Rogale**, prof.dr.sc. **Zvonko Dragčević** i prof. dr.sc. **Gojko Nikolić**, sl.1, razvijaju inteligentnu odjeću s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima od 2003. godine. Istraživanje je financirano od Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta kroz znanstveni projekt "Inteligentna odjeća i okruženje" i Hrvatski institut za tehnologije kroz tehnologijski projekt Odjeća s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima. Na cjelokupnom razvoju radila je i uspješno pratila znanstveni tim tvrtka Mikrotakt, čiji je doprinos zamjetan. Inteligentni odjevni predmet s adaptivnom termičkom zaštitom registrira stanja u okolišu i tjelesnu toplinu nositelja te se automatski prilagođava temperaturnim promjenama u vanjskom okolišu odjavnog predmeta i u njegovoj unutrašnjosti na način da automatski postavlja optimalna termoizolacijska svojstva.

Koncepcija prvog inteligentnog odjavnog predmeta s adaptivnom termičkom zaštitom temelji se na primjeni termoizolacijskih komora, senzora za mjerenja stanja okoliša, mikrokontrolerskog sustava s uprogramiranim algoritmom inteligentnog ponašanja za interpretaciju obavljenih mjerenja i donošenje odluka kao i aktuatorskog sustava za izvršenje tih odluka. Za te je potrebe razvijena inovativna ideja o načinu funkcioniranja termoizolacijskih komora koje se mogu ugrađivati u odjeću s ciljem da poprimaju termoizolacijska svojstva koja će biti usklađena s promjenama temperature okoliša i temperature mikroklimat odjeće. Inovativna je i realizirana ideja da se razina toplinske zaštite uspostavlja automatski. Za ove potrebe osmišljen je i realiziran sustav senzor-mikrokontroler-aktuator koji mjeri stanja u okolišu i mikroklimi odjavnog predmeta, pravilno ih interpretira i



Sl.1 Inovatorski tim iz Zavoda za odjevnu tehnologiju Sveučilišta u Zagrebu, Tekstilno-tehnološkog fakulteta

usklađuje s namještenom željenom temperaturom toplinske ugone mikroklimat odjavnog predmeta, donosi odluke o aktivaciji aktuatora i samostalno uspostavlja potrebnu razinu toplinske zaštite korištenjem unaprijed definirane matrice aktivacije. Budući da odjevni predmet samostalno iznalazi potrebna rješenja smislene reakcije na promjene u svom okolišu, on time poprima atribute inteligentnog ponašanja. Inovativnim se doprinosom može smatrati osmišljavanje algoritma inteligentnog ponašanja, njegovo stalno usavršavanje tijekom razvoja inteligentnog odjavnog predmeta s adaptivnom termičkom zaštitom, a polazište je svekolikog inteligentnog ponašanja svih objedinjenih tehničkih sustava u odjevni predmet. Zahvaljujući usavršenom završnom algoritmu inteligentnog ponašanja, realizirani prototip poprimio je atribute inteligentnog odjavnog predmeta. Iako su u svijetu patentirana i objavljena neka toplinska rješenja ugradnje elektroničkih, električkih i strojarskih komponenata u odjeću, u ovaj inteligentni odjevni predmet su prvi put u odjeću ugrađeni mikropneumatski elementi, što predstavlja potpunu novost.

Druga potpuna novost i inovativni doprinos području odjavnih tehnologija je uspješno izvedena složena in-

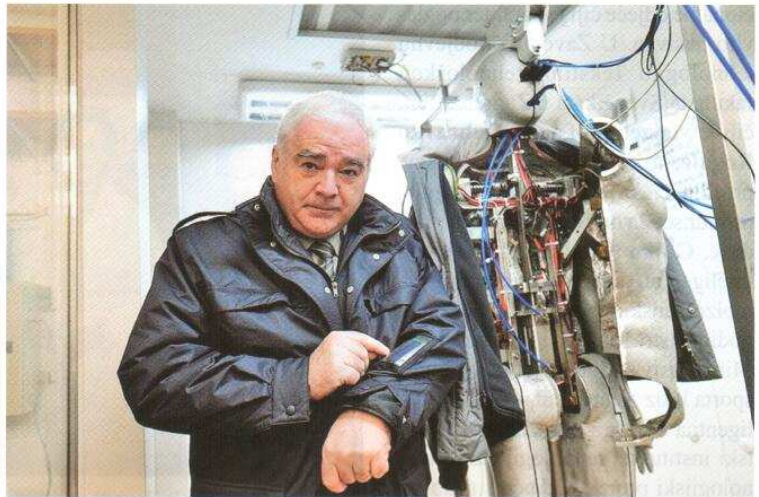
tegracija više sinkroniziranih tehničkih podsustava, specijalno razvijenih za točno određene funkcije, i ugrađeni u odjevni predmet (senzori i mjeriteljski sustavi temperatura i tlaka, mikrokontrolerski sustav, aktuatorski sustav, komunikacijski sustav unutar odjeće, s nositeljem odjeće i s vanjskim PC računalom te sustav za racionalno trošenje ugrađenih baterijskih resursa). U znanstvenom području odjavnih tehnologija do sada nije bila zabilježena integracija dvaju ili više tehničkih podsustava u odjeću, tako da se realizirani prototip inteligentnog odjavnog predmeta s adaptivnom termičkom zaštitom odlikuje izuzetnom složnošću. Inovativnim doprinosom se može smatrati i osmišljena komunikacija između tehničkih podsustava ugrađenih unutar odjavnog predmeta, komunikacija između nositelja i odjavnog predmeta te komunikacija između mikrokontrolerskog sustava ugrađenog u odjeću i vanjskog PC računala sa svojom periferijom i drugim komunikacijskim kanalima (interna računalna mreža, internet). Ovaj doprinos je posebno važan za budući razvoj odjavnih tehnologija i moderne odjeće s obzirom na to da do sada nije postojao nikakav vid ni oblik složene sustavne komunikacije unutar odjeće, odjeće i njenog nositelja

niti odjeće s vanjskim tehničkim sustavima. Na domaćem i svjetskim tržištima ne postoji sličan proizvod pa je u tom smislu realizirana potpuno originalna ideja.

Intelektualno vlasništvo je zaštićeno patentima upisanim u Registar patenata Državnog zavoda za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske patentima pod nazivom *Inteligentni odjevni predmet s aktivnom termoregulacijskom zaštitom* oznake **PK20030727**, *Odjevni predmet s adaptivnim mikroklimatskim stanjima* oznake **PK20080116** i *Univerzalnu rebrastu kontinuirano podesivu termoizolacijsku komoru* oznake **PK20080118**. U zemljama Europske unije izum je zaštićen u 13 europskih zemalja pod nazivom *Controllable Ribbed Thermoinsulative Chamber of Continually Adjustable Thickness and its Application* oznake **EP2254430** pri European Patent Office. Navedeni europski patent je validiran pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom **P20120243 T1**. Također je u završnoj fazi patentna zaštita za Sjedinjene Američke Države pri United States Patent and Trademark Office pod istim nazivom, oznake **US 2011/0004984 A1**, Appl. No. 12/922, 761.

Inteligentni odjevni predmet s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima namijenjen je za korištenja kao vanjska vrsta gornje odjeće u hladnim zatvorenim sredinama, npr. hladnjače te otvorenim prostorima u vjetrovito i hladno godišnje doba (kasna jesen, zima, rano proljeće), koji se automatski prilagođava velikim promjenama temperature, tako da ne treba oblačiti i svlačiti odjeću kada je hladno ili prevruće.

Tipični korisnici su radnici koji rade na otvorenom: cestari, monter, poštar, željezničari, carinici, vozači, skladištari i sl., specijalne službe: vojnici, policajci, vatrogasci, zaštitari i sl., sportaši i rekreativci koji se bave zimskim sportovima: skijaši, alpinisti, jedriličari i sl. kao i svi drugi ljudi



Sl.2 Dubravko Rogale u inteligentnom odjevnom predmetu u klima-komori s tzv. termalnim manekenom

koji borave na otvorenom u hladnijim uvjetima.

Inteligentni odjevni predmet s adaptivnom termičkom zaštitom je u fazi minijaturizacije ugradbenih dijelova kako bi se proizvod pripremio za industrijsku proizvodnju.

Da bi se dokazala ispravnost rada razvijenog prototipa, u sklopu navedenog tehnološkog projekta osmišljen je, patentno zaštićen, realiziran i instaliran na Tekstilno-tehnološkom fakultetu, u Laboratoriju za procesne parametre, također pod vodstvom prof.dr.sc. D. Rogalea i prof.dr.sc. Gojka Nikolića, **Mjerni sustav za mjerenje termoizolacijskih svojstava tekstilnih plošnih proizvoda, kompozita i odjeće**, za koji je podnesena patentna prijava pri Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo Republike Hrvatske pod oznakom P20130350A.

Mjerni sustav egzaktno određuje toplinska izolacijska svojstva kompozita, konvencionalne, zaštitne i inteligentne odjeće primjenom ravne ploče i metalnog modela ljudskog tijela (tzv. termalni maneken) u statičkom i dinamičkom modu, sl.2. Model se sastoji od 24 segmenta ljudskog tijela unutar kojeg su instalirani električni grijači, senzori temperature, 14 mikrokontrolerskih sklopova i pneumatski

sustav za pokretanje ruku i nogu. Mjerenja vrijednosti toplinske zaštite materijala i odjeće se izvode, za razliku od drugih sustava, pri istim uvjetima okoliša prema standardu ISO 15831. Sve pneumatske komponente za pokretanje udova nalaze se unutar modela ljudskog tijela. Sustav je realiziran tako da mjeri električnu snagu potrebnu za održavanje toplinske ravnoteže bez uporabe vanjskih vatmetara što mu bitno pojednostavnjuje i pojeftinjuje tehničku izvedbu. Mjerni sustav sadrži softver za, sl.3:

- 1) upravljanje metalnim modelom ljudskog tijela (izbor segmenata i određivanje temperature pojedinih segmenata modela);
- 2) mjerenje toplinskih svojstava odjeće na modelu ljudskog tijela s dobivanjem rezultata u [m^2K/W] te u [clo];
- 3) upravljanje klima-komorom (određivanje temperature okoliša i brzine strujanja zraka te praćenje vlažnosti zraka u okolišu);
- 4) upravljanje i mjerenje toplinskih svojstava kompozita na vrućoj ploči (određivanje temperature vruće ploče i dobivanje rezultata u [m^2K/W] i u [clo]).

Ovim mjernim sustavom mogu se mjeriti vrijednosti intenziteta toplinske zaštite kompozita, konvencional-



Sl.3 Mjerni sustav za mjerenje termoizolacijskih svojstava odjeće

ne, zaštitne i inteligentne odjeće pri tehničkom projektiranju i konstruiranju novih odjevnih predmeta ciljanih toplinskih svojstava. Mogu se koristiti i pri selekciji najtoplijeg odjevnog predmeta između više sličnih artikala (npr. pri projektiranju vojnih odora, službi posebnih namjena, za sportsku odjeću te za konvencionalnu odjeću koja će se koristiti u određenim klimatskim uvjetima).

Navedena dostignuća doživjela su priznanje prihvaćanja patentnih prijava domaćih i stranih patentnih ureda te užeg kruga stručnjaka kroz obranu doktorskog rada i publiciranja više izvornih znanstvenih radova.

Nakon toga odlučeno je da se znanstveno-istraživački rad na razvoju inteligentne odjeće i termalnog manekena prikaže široj javnosti te da se izloži na domaćim i inozemnim izložbama izuma, inovacija i patenata radi međunarodne valorizacije postignutih rezultata.

Tim za razvoj inteligentne odjeće dobio je 2007. godine prvu nagradu nazvanu **Zlatno Teslino jaje** za inovaciju u visokim tehnologijama i za najinovativniji hrvatski visokotehnološki proizvod VIDI e-novation Award koja je uspostavljena suradnjom izdavačke kuće VIDI i Instituta Ruđer Bošković, sl.4.

DAAAM International Vienna je dodjelio Zlatna medalju za znanstvenu izvrsnost u području razvoja inteligentne odjeće 2009. godine Dubravku Rogaleu, a 2010. godine Snježani Firšt Rogale, sl.5.

Odbor za dodjelu Državne nagrade tehničke kulture **Faust Vrančić** u sastavu prof. dr. sc. Nedjeljko Perić, predsjednik Odbora, te članovi: prof.dr.sc. Stjepan Car, prof.dr.sc. Božidar Matijević, Tihomir Tomčić, dipl.ing., Dubravko Diklić, dipl.ing., prof.dr.sc.



Sl.4 VIDI e-novation Award

Ante Markotić i dr.sc. Damir Tomić dodijelio je prof.dr.sc. Dubravku Rogaleu godišnju **Državnu nagradu tehničke kulture Faust Vrančić** za razvoj inteligentne odjeće i mjernih sustava za koje ima 15 inovacija i 21 patent. Nagrada je dodijeljena u Ministarstvu znanosti, obrazovanja i sporta 17. veljače 2014, sl.6.

Prof.dr.sc. Dubravko Rogale sudjelovao je na **17. Moscow International Salon of Inventions and Innovation Technologies Archimedes**, međunarodnoj izložbi inovacija koju organizira Međunarodni inovacijski centar Arhimed, Ministarstvo industrije



Sl.5 Dodjela priznanja DAAAM International Vienna 2010. godine



Sl.6 Dodjela godišnje Državne nagrade tehničke kulture Faust Vrančić

znanosti i tehnologije i Ministarstvo obrane Ruske Federacije, Ruspatent, Poglavarstvo grada Moskve. Ove godine na Arhimedu je prikazano ukupno 750 inovacija iz 17 država iz cijelog svijeta.

D. Rogale sa suradnicima, Snježanom Firšt Rogale, Zvonkom Dragčevićem i Gojkom Nikolićem osvojio je Grand Prix za najbolji industrijski dizajn za inovaciju i zlatnu medalju za inteligentnu odjeću, dok su za mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće (tzv. termalnog manekena) D. Rogale i G. Nikolić dobili srebrnu medalju, sl.7.

Na **European exhibition of creativity and innovation EUROINVENT 2014** održanom u Iasiju, Rumunjska, od 22. do 24. svibnja 2014., na kojem je bilo predstavljeno 400 izuma iz 26 europskih zemalja, autori Snježana Firšt Rogale, Dubravko Rogale, Zvonko Dragčević i Gojko Nikolić



Sl.7 Nagrade s Moscow International Salon of Inventions and Innovation Technologies Archimedes

Blaga“ dodijelilo je posebnu nagradu izumiteljima, diplomu i pehar kao znak časti, prepoznatljivosti i uvažavanja znanstvene kreativnosti i originalnosti izuma inteligentne odjeće, sl.8.

Dubravko Rogale i Gojko Nikolić na spomenutoj manifestaciji osvojili su srebrnu medalju za izum mjerni sustav za određivanje statičkih i dinamičkih toplinskih svojstava kompozita i odjeće.

Dobivena priznanja i visoka odličja na uglednim međunarodnim izložbama inovacija i patenata sa strogim ocjenjivačkim sudom potvrđuju na originalnost izrade nove vrste inteli-



Sl.8 Nagrade s European exhibition of creativity and innovation EUROINVENT 2014

osvojili su zlatnu medalju za prikazani izum Inteligentni odjevni predmet s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima. Sveučilište u Sibiju „Lucian

gentnog odjavnog predmeta i visok stupanj razvoja na području mjeriteljske tehnike.