

Rezultat intelectual O4: eBook

CARTE DE BUNE PRACTICE – SENZORI INTELIGENȚI PE BAZĂ DE TEXTILE DE LA MANAGEMENTUL PRODUCȚIEI LA UTILIZATORUL FINAL

Editat de:
Georgios Priniotakis (UNIWA)
Ioannis Chronis (UNIWA)

Sprijinul Comisiei Europene pentru producerea acestei cărți electronice nu constituie o aprobare a conținutului care reflectă doar opiniile autorilor, iar Comisia nu poate fi făcută responsabilă pentru nicio utilizare care poate fi făcută a informațiilor conținute în aceasta.



CC BY 4.0; DIGITEX Consortium Partners.

Citarea trebuie să includă: ; "Capitolul", autorii, " CARTE DE BUNE PRACTICE – SENZORI INTELIGENȚI PE BAZĂ DE TEXTILE DE LA MANAGEMENTUL PRODUCȚIEI LA UTILIZATORUL FINAL", Georgios Priniotakis și Ioannis Chronis, eds., Proiect Erasmus+ DIGITEX (2020-1-RO01-KA226-HE-095335), 2021-2023, pp. x-y.

Toate mărcile comerciale și alte drepturi asupra produselor terților menționate sau prezentate în acest document sunt recunoscute și deținute de deținătorii respectivi.

REZUMAT

Proiectul DigiTEX își propune să susțină abordări inovatoare și tehnologii de învățare digitală pentru a accelera inovarea, predarea și învățarea în domeniul designului, testării și fabricării de textile 3D medicale, de protecție, senzoriale și inteligente a produselor avansate inovatoare pentru îngrijirea sănătății (echipamente de protecție, dispozitive de monitorizare portabile) în contextul economiei digitale.

Această carte reprezintă rezultatul intelectual N^o 4 al proiectului DIGITEX. Acesta descrie o serie de bune practici care au fost concepute și dezvoltate în domeniul îngrijirii sănătății și al textilelor pentru protecție, oferind, de asemenea, perspectiva utilizatorului final și potențialul succes pe piață.

Cartea își propune să fie o introducere în domeniu, o privire de ansamblu asupra cazurilor existente și să stimuleze interesul pentru domeniul textilelor inteligente, precum și un proces de inovare care trebuie aplicat pentru proiectarea și dezvoltarea tehnologiilor și aplicațiilor relevante.

Cuprins

Capitolul 1 Evoluția senzorilor pe bază de textile	8
<i>Introducere</i>	8
<i>Prima generație de senzori textili</i>	9
<i>A doua generație de senzori textili</i>	10
<i>A treia generație de senzori textili</i>	11
Capitolul 2 Cerințele materialelor textile pentru senzori, actuatori, baterii și dispozitive purtabile (wearables)	14
Introducere	14
<i>Senzori</i>	14
<i>Actuatori</i>	14
<i>Baterii</i>	15
<i>Dispozitive purtabile flexibile</i>	16
<i>Aplicații</i>	17
Capitolul 3 Co-designul senzorilor integrați în produse EIP pentru protecție la foc și apă	19
<i>Introducere</i>	19
<i>Senzori inteligenți pentru EIP foc/apă</i>	20
<i>Co-designul echipamentului individual de protecție la foc/apă</i>	21
<i>Integrarea senzorului în EIP pentru protecție la foc</i>	22
<i>Integrarea senzorului în EIP pentru protecție la apă</i>	22
<i>Concluzii</i>	23
Capitolul 4 Co-designul senzorilor inteligenți și integrarea în cadrul dispozitivelor medicale	24
<i>Introducere</i>	24
<i>Senzori inteligenți pentru sănătate</i>	25
<i>Co-designul senzorilor biomedicali inteligenți</i>	26
<i>Integrarea senzorilor inteligenți în dispozitive medicale</i>	27

<i>Concluzii</i>	28
Capitolul 5 Co-designul actuatorilor pe bază de textile pentru recuperare medicală	30
<i>Introducere</i>	30
<i>Actuatorul și clasificarea actuatorilor flexibili</i>	31
<i>Aplicații ale actuatorilor textile pentru recuperare medicală</i>	32
<i>Concluzii</i>	37
Capitolul 6 Convertoare pentru recolectarea energiei pe bază de electrozi textili	40
<i>Introducere</i>	40
<i>Tipuri de convertoare pentru recoltarea energiei și fabricarea acestora</i>	40
<i>Concluzii</i>	42
Capitolul 7 Cerințele utilizatorilor finali și perspective pentru alegerea produselor inteligente.....	46
<i>Introducere</i>	46
<i>Cerințele utilizatorului final și perspectiva produselor inteligente</i>	48
<i>Concluzii</i>	51
Capitolul 8 Influența factorilor pentru utilizarea și acceptarea componentelor electronice integrate în produsele textile	54
<i>Introducere</i>	54
<i>Factori de influență pentru utilizarea și acceptarea componentelor electronice integrate în produse textile</i>	55
<i>Concluzii</i>	57
Capitolul 9 Confort senzorial inteligent – analiza obiectivă și subiectivă a textilelor inteligente.....	58
<i>Introducere</i>	58
<i>Factori de confort senzorial</i>	59
<i>Evaluarea obiectivă a confortului senzorial</i>	60
<i>Evaluarea subiectivă a confortului senzorial</i>	62
<i>Concluzii</i>	65

Capitol 10 Etica și cerințele pentru senzorii și actuatorii inteligenți integrați în produsele textile.....	68
<i>Regulamentul UE pentru protecția datelor – GDPR</i>	68
<i>Aspecte privind siguranța datelor</i>	69
<i>Tehnologii pentru textilele conductive și siguranță</i>	70
<i>Cazuri practice</i>	72
<i>Concluzii</i>	72
Capitolul 11 Stimularea inovației pentru senzori inteligenți, dactuatori, dispozitive portabile prin co-proiectare și co-dezvoltare.....	74
<i>Introducere</i>	75
<i>SMARTEES</i>	75
<i>Proiectul Galactica</i>	79
<i>Concluzii</i>	80
Capitolul 12 Metode creative pentru co-designul produselor textile inteligente	82
<i>Introducere</i>	82
<i>Metode creative pentru co-design</i>	84
<i>Materiale textile pentru îmbrăcăminte inteligentă</i>	86
<i>Concluzii</i>	87
Capitolul 13 Co-designul senzorilor inteligenți și integrarea în produse EIP pentru armată	89
<i>Introducere</i>	89
<i>Senzori de deformare</i>	90
<i>Concluzii</i>	93
Capitolul 14 Co-designul actuatorilor pe bază de materiale senzoriale.....	95
<i>Introducere</i>	95
<i>Proprietățile materialelor textile care influențează confortul senzorial</i>	96
<i>Proprietățile de tracțiune ale țesăturilor</i>	97
<i>Proprietățile de forfecare a țesăturii</i>	98

<i>Grosimea și compresia țesăturilor</i>	98
<i>Confortul sensorial pentru materialele textile</i>	99
<i>Concluzii</i>	99
Capitolul 15: Legislația națională și Europeană pentru produsele inteligente, senzoriale și purtabile.....	101
<i>Politici recomandate</i>	101
<i>Adaptarea cadrului legislativ pentru tehnologia purtabilă (wearable)</i>	101
<i>Reglementarea costurilor de roaming</i>	103
<i>Încurajarea integrării tehnologiei purtabile în dispozitivele medicale</i>	103
<i>Concluzii</i>	104
Capitolul 16: Analiza de sinteză -textile, senzori, dispozitive purtabile	106
<i>Introducere</i>	106
<i>Analiza textilelor inteligente</i>	106
<i>Model pentru designul textilelor inteligente</i>	108
<i>Concluzii</i>	109
Capitolul 17: Dinamica pieței pentru electronice inteligente pe bază de textile .	111
<i>Potențialul pieței</i>	111
<i>Potențialul social</i>	112
<i>Dinamica lanțului valoric</i>	114
Capitolul 18: Dinamica pieței pentru textilele senzoriale	117
<i>Evoluții recente ale îmbrăcăminteii inteligente</i>	117
<i>Îmbrăcăminte cu senzori</i>	118
Capitolul 19: Eco-design pentru senzori, baterii și actuatori	123
<i>Rezumat</i>	123
<i>Introducere</i>	123
<i>Selectia materialelor</i>	123
<i>Design circular și evaluarea ciclului de viață</i>	124
<i>Eficiența energetică și surse de energie regenerabilă</i>	125

<i>Eco-designul senzorilor purtabili</i>	<i>125</i>
<i>Eco-designul bateriilor purtabile, a dispozitivelor de stocare și colectare a energiei</i>	<i>126</i>
<i>Eco-designul actuatorilor purtabili</i>	<i>127</i>
<i>Concluzii</i>	<i>127</i>
Capitolul 20: Co-designul senzorilor smart și integrarea in EIP pentru pericole chimice și biologice	129
<i>Rezumat</i>	<i>129</i>
<i>Introducere</i>	<i>129</i>
<i>Concepte de bază pentru design</i>	<i>129</i>
<i>Aplicații și caracteristici ale senzorilor chimici inteligenți</i>	<i>130</i>
<i>Aplicații și caracteristici pentru biosenzorii inteligenți</i>	<i>131</i>
<i>Concluzii</i>	<i>131</i>
Capitolul 21: Orientarea producției de senzori și actuatori către utilizatorul final	134
<i>Rezumat</i>	<i>134</i>
<i>Introducere</i>	<i>134</i>
<i>Provocări în producția de componente inteligente EIP centrate pe utilizatorul final</i>	<i>134</i>
<i>Tendențele recente în managementul riscului SSM și ghiduri pentru tehnologiile de producție a EIP</i>	<i>135</i>
<i>Concluzii</i>	<i>136</i>

Capitolul 1 Evoluția senzorilor pe bază de textile

Ioannis Chronis, Georgios Priniotakis, Athanasios Panagiotopoulos UNIWA, GREECE

Introducere

Cercetările în domeniul științific al senzorilor textile datează de câteva decenii și vin odată cu evoluția așa-numitelor Smart Textiles, Wearables și e-Textiles. Începutul a fost atunci când în fire sau țesături au fost introduse materiale neconvenționale care și-au schimbat proprietățile din cauza stimulilor externi. Textilele și îmbrăcămintea sunt cele mai utilizate produse comerciale, utilizate pentru acoperirea corpului uman, iar capacitatea îmbrăcămintei de a transmite informații oamenilor a fost considerată nu numai foarte utilă pentru clienți, ci și foarte promițătoare și atractivă din punct de vedere al marketingului. Senzorii textili reprezintă una dintre componentele vitale ale unui textil inteligent și este inutil să detaliam în continuare că evoluția senzorilor textili merge în paralel cu evoluția textilelor inteligente în general.

În cadrul acestui capitol, se pot distinge trei generații de senzori textili (Figura 1.1), ar trebui să clarificăm faptul că toate aceste generații de tehnologii încă evoluează și aplicațiile sunt încă în curs de dezvoltare, cu rezultate promițătoare pentru toate cele trei generații descrise de senzori textile.

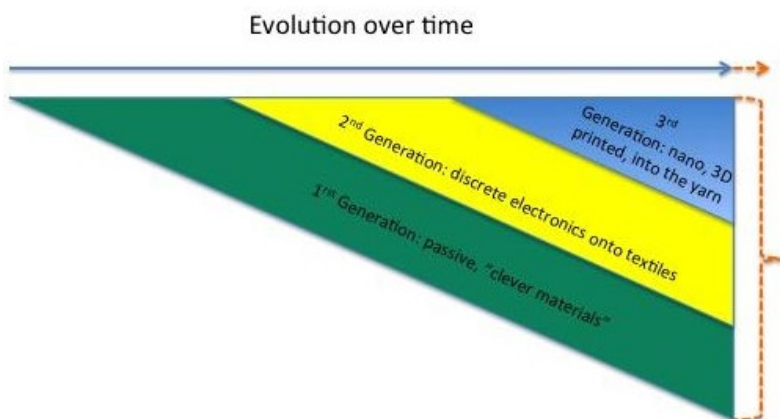


Figura 1.1. Evoluția în timp a senzorilor textili

Prima generație de senzori textili

Prima generație de senzori textili este definită de materialele care ar putea capta sau crea un semnal și transmite informații într-un mod simplu, cum ar fi o schimbare a formei sau a culorii în funcție de o schimbare a mediului textil (stimuli). Această capacitate de detectare a fost atribuită materialelor noi, la acea vreme, dintre care exemplele tipice fiind polimerii cu memoria formei, materialele cromice și cu schimbare de fază etc. Aceste materiale sunt pasive: nu este nevoie de alimentare cu energie și nu este nevoie de o unitate de intrare/procesare/sistem de ieșire și acționează atât ca senzor, cât și ca actuator în ceea ce privește un sistemul de automatizare.

Materialele cu schimbare de fază au capacitatea de a schimba faza, în funcție de temperatură, de obicei de la solid la lichid și invers. Cele mai frecvente materiale utilizate în acest scop sunt hidrocarburile solide (ceara), integrate în spume sau microcapsule, care sunt adăugate în țesătură prin depunere sau filare umedă. Aceste materiale posedă atât funcția de detectare, cât și cea de acțiune și sunt de obicei utilizate pentru încălzirea articolelor de îmbrăcăminte în funcție de temperatura mediului [1], [2].

Polimerii cu memorie a formei sunt polimeri organici care își pot modifica forma în funcție de un stimul precum căldura, pH-ul, radiația etc. Sunt un amestec de doi polimeri (copolimeri) cu puncte de topire diferite, care de fapt constituie mecanismul schimbării formei. Principalul lor avantaj este că se pot fila și pot crea o țesătură cu acțiune de memorie a formei [3].

Alte materiale din această categorie sunt textilele cromice care își schimbă culoarea, fibrele optice, care transmit, detectează și transmit, coloranți sensibili la lumină și la pH, care își schimbă culoarea în funcție de pH-ul lichidului absorbit de suprafața țesăturii. Coloranții conțin substanțe indicator de pH [4]. Acestea trebuie fixate pe fire sau pe țesătură. Integrarea este bună, dar capacitățile de detectare sunt minime, așa că aceste produse rămân în faza de prototipuri și nu au fost comercializate niciodată.

Senzorii capacitivi de presiune sunt o altă aplicație care a fost dezvoltată în această eră [5]. Spre deosebire de senzorii piezoelectrice de presiune, aceștia pot fi integrați mult mai bine într-un material textil prin brodare sau chiar coasere. O aplicație relevantă o reprezintă tastaturile brodate, care utilizează o matrice de detectare a presiunii pe bază de fire conductive și neconductive, pentru a crea un semnal binar (0/1, da/nu). Acestea sunt imple, lavabile, se realizează prin brodare, sunt fiabile

dar bineinteles de calitate slabă ca semnal electronic transmis. Deși tastaturile nu sunt de obicei senzori în sine, ele ar putea fi incluse în această categorie, deoarece asigură comunicarea textilului cu utilizatorul/purtatorul și fac parte din partea inteligentă a textilelor inteligente, așa cum fac senzorii [6].

A doua generație de senzori textili

A doua generație de senzori textile s-a bazat pe senzori electronici convenționali discreti, cu conexiune prin fir sau fără fir la microcontrolere sau plăci de circuite imprimate (PCB). Aceste aplicații au devenit populare datorită producției în masă și disponibilității unei game largi de senzori, precum și digitizării electronicii și comunicațiilor. Această generație de senzori textile descrie crearea de prototipuri care ar putea oferi semnale și informații cu adevărat utile. Aplicațiile au fost în principal în biometria corpului uman și monitorizarea sănătății. Având în vedere natura mereu activă a îmbrăcăminte și natura neinvazivă a senzorilor biometrici acești senzori sunt rezonabili. Un exemplu emblematic este placa integrată Arduino Lilypad, care, datorită dimensiunilor sale mici, își poate permite o mai bună integrare (prin coasere etc) în substraturile textile convenționale (țesătură, îmbrăcăminte). Arduino Lilypad a fost introdus în 2007 și este o placă de microcontroler din familia Arduino, concepută pentru textile, și conține are orificii pentru cusut pe articole de îmbrăcăminte având o formă asemănătoare unei flori care poate fi mai bine acceptată estetic ca accesoriu al unui articol de îmbrăcăminte [7]. Placa integrată Arduino Lilypad include mai mulți senzori de dimensiuni reduse, la costuri accesibile, pentru diverși parametri: sunet, temperatură, umiditate, temperatură, mișcare și multe altele. Senzorii se conectează la CPU (Arduino Lilypad) cu fire conductive brodate sau cusute. Din punct de vedere tehnic, Arduino Lilypad nu reprezintă o mare evoluție, întrucât este un PCB care conține componente electronice convenționale, cu o integrare slabă în articole de îmbrăcăminte și un rezultat estetic destul de slab. Cu toate acestea, a fost un impuls mare pentru eforturile de tip Do-it-yourself și prototipurile din sectorul textilelor inteligente și a oferit un bun punct de plecare pentru mai multe eforturi pentru prototipuri, în principal din imbracamintea cu senzori trebuie să contină:

- dispozitive de intrare și ieșire, cum ar fi senzorii ieftine;
- mediul de programare simplu și ușor pentru programatori care nu sunt informaticieni;
- comunitate mare de creatori care să susțină aceste produse..

Sub acest aspect, este o punte aproape ideală pentru designerii de sisteme inteligente (electronice) cu creatorii de modă de produse textile. Este o bază bună

pentru începătorii din acest sector, dintre care unii vor trece la creații mai funcționale și la modă.

O altă soluție a acestei generații este ecosistemul de senzori portabili Smimmer®, care a fost introdus în 2006 și s-a dezvoltat de atunci într-o soluție completă pentru aplicații care vizează în principal soluții medicale și de bunăstare [8].

Aplicațiile și prototipurile acestei generații de senzori inteligenți, au avut problema lavabilității pieselor electronice, în special pentru sursa (bateria) dar și pentru senzori. Soluția a fost să fie detasabilă partea electronică a îmbrăcămintei și să se spele îmbrăcămintea separat și apoi să se ataseze înapoi partea electronică. Alternativ, piesele electronice au fost încapsulate în recipiente rezistente la apă, o soluție corectă din punct de vedere tehnic, dar bineînțeles că elementul la modă este foarte limitat. Curățarea chimică este soluția preferată în acest caz, dar este una costisitoare și nu lipsită de probleme, deoarece nu se face în acasă, ci în companii specializate iar funcționarea textilului inteligent și a pieselor/componentelor acestuia după curățare nu poate fi garantată.

A treia generație de senzori textili

A treia generație se bazează pe materiale textile cu proprietăți de detectare îmbunătățite, datorită acoperirilor de nanoparticule sau inserării nanoparticulelor în țesătură sau fire în timpul procesului de filare. Se pot crea structuri textile sofisticate din punct de vedere tehnic - senzori cu material multistrat din metale electroconductoare sau polimeri intrinseci conductivi (ICP). Integrarea este mult mai bună, iar produsul arată ca un produs textil normal [9]. Expansiunea nanotehnologiei stă la baza acestor noi senzori textile și va marca probabil dezvoltarea unor produse care vor fi comercializate masiv, datorită disponibilității tehnicilor de producție de masă, precum și a atractivității produsului textil inteligent care va arăta și va fi la fel de confortabil ca unul convențional.

Imprimarea 3D a senzorilor textili este o altă dezvoltare recentă care își poate permite un proces de producție masiv, ceea ce reprezintă un mare pas înainte spre comercializarea textilelor inteligente. Senzorii sunt fabricați atât din polimeri conductivi flexibili și, în acest fel, sunt mult mai bine integrați pe îmbrăcăminte, evitând problema hard-on-soft a componentelor electronice discrete de pe textilele inteligente [10].

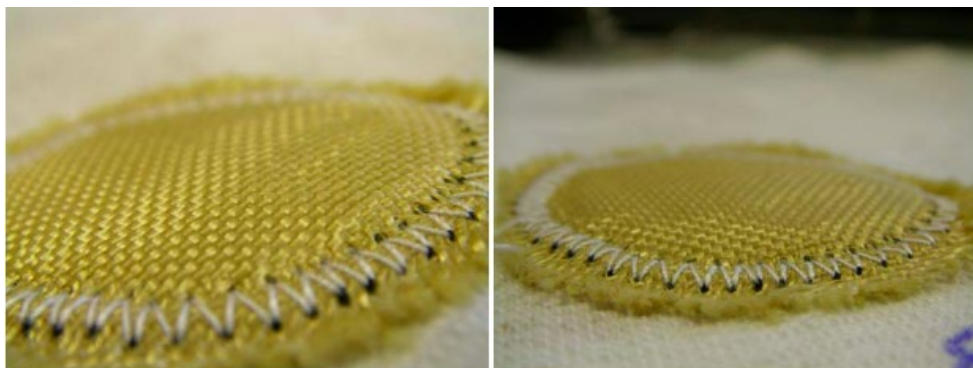


Figura 1.2. Electrozi textile (paduri) pe baza de fibre para-aramidice acoperite cu aur (Tzerahoglou et al. 2011)

Bibliografie

1. fibre2fashion, 2022, PCM in textiles <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/81/pcm-in-textiles>, accessed 1/12/2022.
2. Mondal S., 2008, Phase change materials for smart textiles - An overview, Applied Thermal Engineering 28 (2008) 1536–1550.
3. Gök Mustafa O., Mehmet Z. Bilir, Banu H. Gürcüm, Shape-Memory Applications in Textile Design, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 195, 2015, Pages 2160-2169, ISSN 1877-0428, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.283>.
4. Halili Albana, Ilda Kazani, Genti Guxho, Nano-based Wearable Textile Sensors: a review on latest developments, Journal of Natural and Technical Sciences (JNTS), No 43 / 2017 (XXII), pg. 144-161
5. Sergio M., N. Manaresi, M. Tartagni, R. Guerrieri and R. Canegallo, "A textile based capacitive pressure sensor," SENSORS, 2002 IEEE, Orlando, FL, USA, 2002, pp. 1625-1630 vol.2, doi: 10.1109/ICSENS.2002.1037367.
6. M. Rofouei, M. Potkonjak and M. Sarrafzadeh, "Energy efficient E-Textile based portable keyboard," IEEE/ACM International Symposium on Low Power Electronics and Design, Fukuoka, Japan, 2011, pp. 339-344, doi: 10.1109/ISLPED.2011.5993660.
7. Leah Buechley and Benjamin Mako Hill, 2010. LillyPad in the wild: how hardware's long tail is supporting new engineering and design communities. In Proceedings of the 8th ACM Conference on Designing Interactive Systems (DIS '10). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 199–207. <https://doi.org/10.1145/1858171.1858206>.
8. <https://shimmersensing.com/>, accessed 115/1/2023
9. Anjali Bishnoi, T.S. Rajaraman, Charu Lata Dube, Nikita J. Ambegaonkar,, 3Smart nanosensors for textiles: an introduction, Chapter 2 In Micro and Nano Technologies, Nanosensors and Nanodevices for Smart Multifunctional Textiles, Andrea Ehrmann, Tuan Anh Nguyen, Phuong Nguyen Tri, editors ,Elsevier, 2021,, Pages 7-25 .

10. Gandler M., F. Eibensteiner and J. Langer, "3D Printable Sensors for Smart Textiles," *2019 International Conference on Information and Digital Technologies (IDT)*, Zilina, Slovakia, 2019, pp. 153-157, doi: 10.1109/DT.2019.8813686.
11. A. Tzerachoglou E. Kapsalis, I. Chronis, G. Priniotakis, G. Pikoulis, L. Karabarpas, D. Piromalis, D. Tseles, "Gold coated textile electrodes for wearable bio-potential monitoring systems", *FiberMed11* 28-30 June 2011, Tampere, Finland.

Capitolul 2 Cerințele materialelor textile pentru senzori, actuatori, baterii și dispozitive portabile (wearables)

Athanasios Panagiotopoulos, Ioannis Chronis, Georgios Priniotakis UNIWA, Greece

Introducere

Integrarea componentelor inteligente în țesături și proprietățile de detectare duc la crearea a ceea ce numim senzori inteligenți țesuți. Ele sunt sensibile la stimuli fizici și chimici multipli, cum ar fi schimbările de temperatură, presiune, forță și curent electric etc. Elementele de detectare pot fi încorporate în țesături la orice nivel, în funcție de elementul structural de țesătură care este modificat sau sesizat. Acești senzori inteligenți integrați în țesătură pot fi considerați ca parte a termenului mai general de traductoare inteligente țesute [1].

Putem împărți traductoarele inteligente realizate din material textil în trei categorii principale, care sunt senzori, actuatori și baterii.

Senzori

Materialele textile utilizate adesea pentru senzori pot fi clasificate în țesături, fire și fibre. Pentru senzorii de presiune, pentru a detecta sau a sesiza modificările de deformare, atingere și presiune și pentru a le converti în semnale electrice, fibrele conductoare, cum ar fi fibrele de oțel inoxidabil și fibrele de carbon, sunt utilizate deoarece conduc electricitatea [2].

Există diferite materiale și tehnici utilizate în crearea senzorilor pe bază de țesături. Unele tehnici care au fost utilizate sunt imersarea, serigrafia, acoperirea prin imersare, electrofilarea, creștere in situ și polimerizarea în fază de vapori [3-4].

De asemenea, pentru fabricarea diferitelor tipuri de senzori care se bazează pe textile sunt necesare diferite tipuri de materiale și proceduri pentru realizare și integrare. Acești senzori ar putea include senzori de presiune capacitivi, senzori piezoelectrics, senzori de presiune triboelectrici.

Actuatori

Pentru a clasifica actuatorii am putea folosi proprietăți precum stresul, deformarea, rata de deformare, ciclul de viață și modulul de elasticitate. Diferitele mecanisme de acționare includ [5]:

-Acționarea în câmpului electric

- Acționare pe bază de ioni
- Acționare pneumatică
- Acționare termică
- Alte mecanici de acționare

În timp ce unele dintre aceste acționări mecanice constau din componente rigide, altele permit utilizarea în textilele inteligente. Actuatoarele din polimer au fost folosite pentru textilele inteligente. Actuatoarele sunt acționate sub mecanismul unei modificări dimensionale a materialului care este cauzată de adăugarea sau îndepărtarea sarcinii din structura polimerului [6].

În această categorie sunt incluse următoarele actuatoare pe bază de nanotuburi de carbon [7], material textil de acționare pe bază de CNT [8], actuatoare din aliaj cu memorie a formei [9], dispozitive de acționare din fire sintetice răsucite [10] sau fire CNT/spandex tricotate ca textile inteligente [11].

În general, mecanismul de acționare ar trebui să fie selectat să fie focusat pe cerințele utilizatorului final. Pentru textilele inteligente, accentul s-a concentrat pe dispozitivele de acționare acționate termic. Acest lucru se datorează în principal utilizării încălzirii electrotermice ca sursă de energie sigură și curată..

Baterii

În pofida progresul tehnologic, bateriile sunt încă modalitatea de stocare a energiei. Iar a discuta despre baterii flexibile necesită examinarea componentelor din care este realizată o baterie.

O baterie are în principal patru componente (anod, catod, separator și electrolit [12]). Pentru a face o baterie flexibilă, ar trebui să facem componentele sale flexibile. Un electrod flexibil ar putea fi pe bază de carbon, pe bază de grafen sau pe bază de oxid de metal.

Până acum bateriile litiu-ion au atras atenția și bateriile flexibile realizate din fibre. Pentru un electrod pe bază de fibre, grafenul sau CNT sunt opțiunile principale. Tehnicile de realizare ar putea include filarea dublă și tratamente de acoperire a suprafețelor [13].

Un electrolit flexibil este un alt aspect important pentru ca o baterie să fie flexibilă. Soluțiile gel-polimer și electroliți în stare solidă au fost studiați pentru realizarea bateriilor flexibile [14].

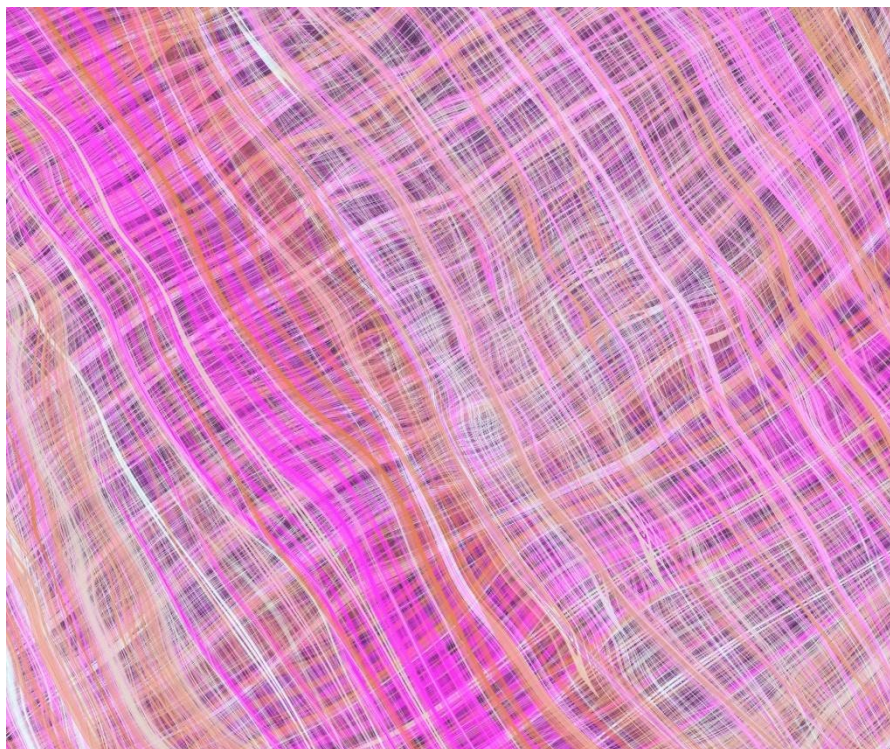


Figura 2.1 – Dispozitiv purtabil smart pe bază de textile

Dispozitive portabile flexibile

Pentru crearea de dispozitive portabile flexibile și având ca bază materialul textil, opțiunile sunt reprezentate de diferite fibre conductive cum ar fi fibre metalice, fibre placate cu metal, polimeri conductori, fibre CNT și fibre polimerice CNT.

Fibrele metalice au o conductivitate electrică ridicată, dar și o densitate mare, se oxidează ușor și au o rezistență scăzută la tracțiune. Fibrele placate cu metal pot controla conductivitatea electrică prin grosimea stratului acoperit, dar dacă stratul metalic este subțire, atunci există o rezistență ridicată. De asemenea, durabilitatea stratului metalic este slabă. Pentru polimerii conducători proprietățile sunt similare cu cele ale fibrelor convenționale. Conductivitatea scăzută și procesabilitatea sunt principalele obstacole pentru această categorie. Pentru fibrele pe baza de CNT există unele probleme de siguranță în ceea ce privește nanomateriale, dar prezența rezistenței ridicate la tracțiune și a conductivității electrice ridicate sunt promițătoare. Compozitele pe bază de CNT-polimeri au proprietăți fizice similare

cu fibrele convenționale, în timp ce suprafața este rugoasă și există o rezistență ridicată [15].

Alte soluții pe bază de fibre sunt plăcile de circuite textile [16], tranzistoarele pe bază de fibre [17] și circuitele electronice din textile [18].

Aplicații

Toate aceste dispozitive sau componente ale unui dispozitiv portabil realizate într-o oarecare măsură din textile ar putea avea utilizare într-o varietate de domenii precum monitorizarea sănătății umane, sport, armata, viața de zi cu zi.

Bibliografie

1. Castano, L. M., & Flatau, A. B. (2014). Smart fabric sensors and e-textile technologies: a review. *Smart Materials and Structures*, 23(5), 053001. doi:10.1088/0964-1726/23/5/053001.
2. Zhang, J., Zhang, Y., Li, Y., & Wang, P. (2021). Textile-Based Flexible Pressure Sensors: A Review. *Polymer Reviews*, 1–31. doi:10.1080/15583724.2021.1901737.
3. Wang, Z.; Si, Y.; Zhao, C.; Yu, D.; Wang, W.; Sun, G. Flexible and Washable Poly(Ionic Liquid) Nanofibrous Membrane with Moisture Proof Pressure Sensing for Real-Life Wearable Electronics. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2019, 11, 27200–27209. DOI: 10.1021/acsami.9b07786.
4. Zhou, Z.; Li, Y.; Cheng, J.; Chen, S.; Hu, R.; Yan, X.; Liao, X.; Xu, C.; Yu, J.; Li, L. Supersensitive All-Fabric Pressure Sensors Using Printed Textile Electrode Arrays for Human Motion Monitoring and Human-Machine Interaction. *J. Mater. Chem. C* 2018, 6, 13120–13127. DOI: 10.1039/C8TC02716A.
5. Kongahage, D., & Foroughi, J. (2019). Actuator materials: review on recent advances and future outlook for smart textiles. *Fibers*, 7(3), 21.
6. Kaneto, K. Research Trends of Soft Actuators based on Electroactive Polymers and Conducting Polymers. *J. Phys. Conf. Ser.* 2016, 704, 012004.
7. Li, D.; Paxton, W.F.; Baughman, R.H.; Huang, T.J.; Stoddart, J.F.; Weiss, P.S. Molecular, supramolecular, and macromolecular motors and artificial muscles. *MRS Bull.* 2009, 34, 671–681.
8. Zhang, M.; Atkinson, K.R.; Baughman, R.H. Multifunctional Carbon Nanotube Yarns by Downsizing an Ancient Technology. *Science* 2004, 306, 1358–1361.
9. Lan, C.-C.; Wang, J.-H.; Fan, C.-H. Optimal design of rotary manipulators using shape memory alloy wire actuated flexures. *Sens. Actuators A Phys.* 2009, 153, 258–266.

10. Stegmaier, T.; Mavely, J.; Schneider, P. CHAPTER 6: High-Performance and High-Functional Fibres and Textiles. In *Textiles in Sports*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; pp. 89–119.
11. Foroughi, J.; Spinks, G.M.; Aziz, S.; Mirabedini, A.; Jeiranikhameneh, A.; Wallace, G.G.; Kozlov, M.E.; Baughman, R.H. Knitted Carbon-Nanotube-Sheath/Spandex-Core Elastomeric Yarns for Artificial Muscles and Strain Sensing. *ACS Nano* 2016, 10, 9129–9135.
12. Khan, M. I., Hassan, M. M., Rahim, A., & Muhammad, N. (2020). Flexible Batteries. *Rechargeable Batteries*, 41–60. doi:10.1002/9781119714774.ch3.
13. Sun, C.-F., Zhu, H., Baker, E.B., III, Okada, M., Wan, J., Ghemes, A. et al., Weavable high-capacity electrodes. *Nano Energy*, 2, 987–94, 2013.
14. Yue, L., Ma, J., Zhang, J., Zhao, J., Dong, S., Liu, Z. et al., All solid-state polymer electrolytes for high-performance lithium ion batteries. *Energy Storage Mater.*, 5, 139–64, 2016.
15. Baeg, K., & Lee, J. (2020). Flexible Electronic Systems on Plastic Substrates and Textiles for Smart Wearable Technologies. *Advanced Materials Technologies*, 2000071. doi:10.1002/admt.202000071.
16. C. Kallmayer, R. Pisarek, A. Neudeck, S. Cichos, S. Gimpel, R. Aschenbrenner, H. Reichlt, presented at Proc. of 53rd Electronic Components and Technology Conference, 2003, May 2003.
17. J. B. Lee, V. Subramanian, IEEE International Electron Devices Meeting 2003, Washington, DC, USA 2003, pp. 8.3.1–8.3.4.
18. Chuangchote, S., Sagawa, T., & Yoshikawa, S. (2011). Design of metal wires-based organic photovoltaic cells. *Energy Procedia*, 9, 553-558.

Capitolul 3 Co-designul senzorilor integrați în produse EIP pentru protecție la foc și apă

Aileni Raluca Maria, Cristina Stroe, INCOTP, Romania

Rezumat

Co-designul senzorilor inteligenți și integrarea în cadrul echipamentului individual de protecție (EIP) pentru pompieri și scafandri implică integrarea unor senzori conținând microcontrolere, module de comunicație și aplicații software pentru procesarea datelor pentru monitorizarea biomedicală (puls, temperatură, nivelul de oxigen) și parametrilor specifi mediului subacvatic (nivelul de oxigen, adâncimea, presiunea, temperatura, compoziția gazului) pentru a ajuta lucrătorii în activitatea lor și pentru a se asigura că condițiile de muncă sunt sigure. Integrarea senzorilor inteligenți portabili în produsele textile se bazează în principal pe flexibilitatea și miniaturizarea senzorilor, în timp ce integrarea unor senzori inteligenți pentru scufundare sau protecție la incendii constă în integrarea unor componente rigide.

Introducere

În condiții normale, sistemul de termoreglare al corpului uman acționează ca un regulator de temperatură sau umiditate. Cu toate acestea, în mediile dificile (sub apă, incendiu), din păcate, corpul uman are un control insuficient pentru a compensa presiunea crescută la adâncime sau încălzirea excesivă din cauza incendiului, ceea ce poate duce la accidente grave și leziuni corporale care pot pune în pericol viața scafandrilor sau pompierilor [1,2]. De obicei, pentru scufundări, sistemul de monitorizare care trebuie să ofere informații despre presiune, ritm respirator și locație este protejat cu învelitori de plastic și atașat scafandrilor (Figura 1.1.a). În general, situațiile subacvatice implică scufundări cu computere mici și robuste capabile să calculeze informații despre adâncimea apei, temperatura apei, presiunea, nivelul de oxigen, nivelul bateriei, ritmul respirației sau temperatura corpului. Presiunea subacvatică este influențată de adâncimea de scufundare și poate fi monitorizată folosind un computer special pentru scufundare conectat la un senzor digital de presiune care oferă informații despre adâncimea de scufundare, nivelul apei locale, gazul rămas în rezervoarele pentru respirație și timpul sigur pentru o scufundare. Pentru astfel de sisteme în medii dure, rezistența la coroziune (de exemplu, apă sărată) și consumul redus de energie în aplicații la

distanță este esențială pentru o perioadă prelungită [3, 4]. Pentru monitorizarea subacvatică se folosesc senzori piezoresistivi deoarece sunt rezistenți și pot funcționa în astfel de condiții, integrați într-un ceas inteligent (figura 1.1.b), geamanduri sonar și rezervoare. În acest fel, putem observa că acești senzori nu pot fi integrați în textile deoarece sunt foarte robusti, fără componente flexibile [4]. **În principal, toate ceasurile inteligente și instrumentele de adâncime au fost dispozitive analogice, dar utilizarea senzorilor inteligenți pentru presiune prezintă avantaje semnificative deoarece componentele piezoelectrice și traductoarele sunt integrate și pot fi ulterior integrate cu ușurință cu computere în comparație cu cele analogice.**



a. Echipament scafandru



b. Ceas inteligent pentru scafandru Merit Sensors

Figura 3.1. Scafandru echipat cu sistem de înregistrare și camera video (deasupra brațului stâng/drept) [3]

Senzori inteligenți pentru EIP foc/apă

Integrarea senzorilor inteligenți în EIP pentru apă sau foc este o cerință, asigurând autonomie și monitorizare continuă a purtătorului. Chiar dacă senzorii analogici bazați pe electrozi textili flexibili (fibre, fire) pot fi integrați într-un material textil prin tehnologie de coasere, brodare, țesere, tricotare sau nețesut, pentru apă și foc, EIP, senzorii inteligenți compacti au demonstrat rezistență în medii nocive (mediu corosiv, temperatură ridicată, umiditate). În plus, electrozii textili de suprafață pentru senzorii de temperatură a corpului uman sau de umiditate pot fi utilizați dacă nu sunt în contact direct cu apa sau focul. În caz contrar, acești electrozi pot fi distruși și nu pot garanta acuratețea monitorizării. Senzorii inteligenți conțin mai multe componente, cum ar fi un microprocesor, senzor, tehnologie de comunicație wireless (de exemplu, WiFi) și tehnologii software (ADC, prelucrarea datelor), interfață cu utilizatorul prin agregatoare (smartphone, tabletă) și generează semnale digitale atunci când o măsură fizică (de ex. temperatura, presiunea,

umiditatea) este monitorizată. Sensorii inteligenți care sunt utilizați în echipamentele EIP pot oferi informații despre starea de sănătate a purtătorului, mediu (compoziția chimică a atmosferei (de exemplu, dioxid de azot (NO₂), oxid de azot (NO) și monoxid de carbon (CO), temperatură, umiditate, adâncimea, nivelul radiațiilor) sau despre dispozitivele care asigură supraviețuirea într-un mediu dificil (nivelul de oxigen pe rezervorul de scufundare) [4]. De exemplu, în cazul scufundărilor, este esențial să se monitorizeze presiunea, adâncimea și concentrația de O₂ deoarece poate apărea boala de decompresie, generată de bule intravasculare sau extravasculare din cauza reducerii presiunii mediului [5, 6] În plus, toxicitatea oxigenului apare atunci când presiunea oxigenului este de 1,4 atmosfere sau mai mare la o adâncime de 57 de metri atunci când se respiră aer (de exemplu, pentru 10 m adâncime în apă, un scafandru este expus la o presiune suplimentară de 1 ATA [7]) sau la adâncimi mai mici atunci când concentrațiile de oxigen respirate sunt mai mari de 20% [8, 9].

Senzorii inteligenți pentru EIP pentru apă sau incendiu conțin următoarele componente:

- senzori;
- microprocesor;
- modul de comunicare;
- software (ADC, prelucrare date);
- agregatoare (smartphone, tabletă).

Co-designul echipamentului individual de protecție la foc/apă

Metoda de co-design a echipamentului individual de protecție împotriva incendiului/apă (figura 1.2) cu senzori integrați constă în stabilirea obiectivelor, specificațiilor, proprietăților și constrângerilor pentru senzori folosind un grup de specialiști cu competențe relevante:



Figura 3.2 .EIP pentru protecție la apă și foc

- ✓ Utilizatori finali - pompieri/scafandri/lucrători cu jeturi de apă (oferind perspectiva utilizatorului, cazuri reale de utilizare, nevoi, aspecte legate de confort și acceptabilitatea produsului)
- ✓ Ingineri cu specializări (diplome de licență, studii de master și doctorat) în textile (filare, țesut, tricotat și confecții textile) care oferă informații despre proiectarea, fabricarea și standardizarea produsului;
- ✓ Ingineri cu specializări (diplome de licență, studii de master și doctorat) în informatică/informatică, oferind informații despre posibilitățile de dezvoltare software adecvată hardware-ului propus (senzori + microcontrolere);
- ✓ Medici (care oferă perspectivă medicală: aspecte legate de parametrii de evaluat având în vedere cazurile specifice de utilizare (foc/apă));
- ✓ Ingineri cu specializări (diplome de licență, studii de master și doctorat) în electronică care oferă informații despre proiectarea, fabricarea și standardizarea senzorilor.

Diversitatea abordărilor va duce la proiectarea unui produs complet luând în considerare toate riscurile posibile și specificațiile de proiectare pentru interfață în diferite condiții complexe.

Integrarea senzorului în EIP pentru protecție la foc

În funcție de flexibilitate și de gradul de miniaturizare, senzorii inteligenți pot fi integrați în EIP pentru protecția împotriva incendiilor.

Senzorii inteligenți ar trebui să fie integrați în EIP pentru protecția împotriva incendiilor pentru monitorizarea de la distanță:

- Senzor de puls;
- Senzor de gaz (monitorizarea nivelului de oxigen);
- Senzor de temperatură;
- Senzor de umiditate;
- Modul de localizare (GPS) și dispozitiv audio (AD)
- Accelerometre/giroscop

Integrarea senzorului în EIP pentru protecție la apă

EIP pentru personalul care lucrează sub apă sau în contact cu apa ar trebui să integreze monitorizarea de la distanță pentru a preveni hipoxia sau alte răni:

- Senzori de temperatură;
- Nivelul și concentrația de oxigen;
- Senzori de umiditate;

- Localizare (GPS) și module de comunicare (dispozitiv audio);
- Timp de aer
- Adâncime
- Presiune

Concluzii

Integrarea senzorilor inteligenți în EIP pentru protecție la apă sau incendiu este o cerință, deoarece poate genera multiple avantaje pentru lucrătorii din medii dăunătoare, precum autonomia și monitorizarea continuă a purtătorului. Sensorii analogici bazați pe componente compacte și electrozi textile flexibili (fibre, fire) pot fi integrați într-un material textil prin tehnologia de coasere, brodare, țesere, tricotare sau neșesut pentru EIP la apă și foc, au o bună rezistență în medii nocive (mediu coroziv, temperatură ridicată, umiditate). Co-proiectarea EIP incendiu/apă cu senzori integrați constă în stabilirea obiectivelor, specificațiilor, proprietăților și constrângerilor pentru senzorii integrați folosind un grup adecvat de specialiști precum pompieri, scafandri, muncitori cu jeturi de apă, ingineri cu experiență în textile, știința materialelor, electronică și informatică și personalul medical pentru a defini cazurile de utilizare adecvată..

Bibliografie

1. Dietrich, A.J., 1999. US Navy Diving Manual: Air Diving (Vol. 1). DIANE Publishing.
2. Andrew, B.T. and Doolette, D.J., 2020. Manned validation of a US Navy Diving Manual, Revision 7, VVal-79 schedule for short bottom time, deep air decompression diving. *Diving and Hyperbaric Medicine*, 50(1), p.43.
3. Altepe, C., Egi, S.M., Ozyigit, T., Sinoplu, D.R., Marroni, A. and Pierleoni, P., 2017. Design and validation of a breathing detection system for scuba divers. *Sensors*, 17(6), p.1349.
4. Moon, R.E., 1999. Treatment of diving emergencies. *Critical care clinics*, 15(2), pp.429-456.
5. Yu, X., Xu, J., Huang, G., Zhang, K., Qing, L., Liu, W., Xu, W., 2017. Bubble-induced endothelial microparticles promote endothelial dysfunction. *PloS one*, 12(1), p.e0168881.
6. Vann, R.D., Butler, F.K., Mitchell, S.J., Moon, R.E., 2011. Decompression illness. *The Lancet*, 377(9760), pp.153-164.
7. Bosco, G., Rizzato, A., Moon, R.E. and Camporesi, E.M., 2018. Environmental physiology and diving medicine. *Frontiers in psychology*, 9, p.72.
8. Pendergast, D.R., Moon, R.E., Krasney, J.J., Held, H.E. and Zamparo, P., 2015. Human physiology in an aquatic environment. *Compr Physiol*, 5(4), pp.1705-50.
9. DeGorordo, A., Vallejo-Manzur, F., Chanin, K. and Varon, J., 2003. Diving emergencies. *Resuscitation*, 59(2), pp.171-180.

Capitolul 4 Co-designul senzorilor inteligenți și integrarea în cadrul dispozitivelor medicale

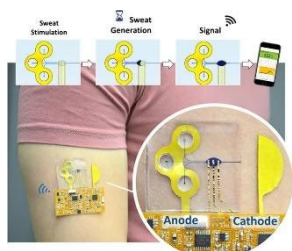
Aileni Raluca Maria, Cristina Stroe, INCOTP, Romania

Rezumat

Co-designul senzorilor inteligenți și integrarea în dispozitivele medicale include integrarea corespunzătoare a diferiților senzori care conțin microcontrolere, module de comunicație și aplicații software adecvate pentru prelucrarea datelor în vederea măsurării parametrilor biomedicali (ritmul respirației, tensiunea arterială, pulsul, nivelul de oxigen, glicemie), alți biomarkeri care pot fi utilizați pentru diagnosticarea sau tratarea (de exemplu, analiza transpirației folosind dispozitive microfluidice purtătoare) diferite boli, pentru a ajuta pacienții în recuperarea medicală. Integrarea senzorilor inteligenți purtabili în produsele textile se bazează pe flexibilitatea și miniaturizarea senzorilor. Fără flexibilitate sau miniaturizare, acești senzori pot fi deteriorați de acțiunile mecanice care pot apărea în textile, având în vedere că textilul nu este o suprafață continuă, ci discretă.

Introducere

Există numeroase platforme inovatoare purtabile care integrează senzori și care au fost dezvoltate pe baza tehnologiei microfluidice pentru analiza transpirației [1] pentru a evalua biomarkerii sau pentru a acționa ca un laborator pe piele, bazate pe sisteme multiplexate cu senzori transdermici pentru monitorizarea biomarkerilor (metaboliți, electroliți) [2, 3]. Cu toate acestea, aceste tehnici necesită materiale flexibile și transparente care nu se pot integra în mod adecvat în suprafața textilă. Integrarea senzorilor inteligenți în articole textile (șosete, cămăși) care urmează să fie utilizate în scopuri medicale include integrarea senzorilor flexibili în șosete [4] prin coasere sau integrarea senzorilor inteligenți, cum ar fi ECG, bioimpedanță și accelerare prin imprimare pe material textil [5].



a. Dispozitiv microfluidic
portabil pentru analiza
pirației [1]



b. Senzori inteligenți
pentru monitorizarea
presiunii [4]



c. Tricou pentru
monitorizare– Aeolus
Monitorizarea
fiziologică pentru piloții
militari [5]

Figura 4.1. Dispozitive portabile pentru monitorizare biomedicală

Senzori inteligenți pentru sănătate

Atașarea dispozitivelor medicale portabile la textile este importantă, asigurând autonomie și monitorizare continuă. Cu toate acestea, senzorii analogici bazați pe electrozi textile flexibili (fibre, fire) pot fi integrați într-un material textil prin tehnologiile de coasere, brodare, țesere, tricotare sau nețesut. În plus, se poate utiliza acoperirea suprafeței textile pentru obținerea electrozilor de suprafață care acționează ca electrozi pentru senzorii de presiune, temperatură sau umiditate. Senzorii analogici generează semnale analogice (de exemplu, variația tensiunii) pe baza monitorizării unei mărimi fizice. Cei mai folosiți senzori analogici includ senzori de sunet, senzori de lumină, senzori de temperatură și senzori de presiune. Un sensor inteligent (digital) conține mai multe componente (figura 1), cum ar fi un microprocesor, senzor, modul de comunicație wireless (de exemplu, WiFi, LoRa) și tehnologii software (ADC, procesare date), interfață cu utilizatorul prin agregatoare (smartphone, tabletă) și generează semnale digitale atunci când o mărime fizică (de exemplu, temperatură, presiune, umiditate) este monitorizată. Senzorii inteligenți sunt utilizați în dispozitivele medicale pentru a diagnostica, a preveni, a monitoriza parametrii fiziologici, a ajuta în recuperarea medicală, a trata boli și a valida dispozitivele medicale.

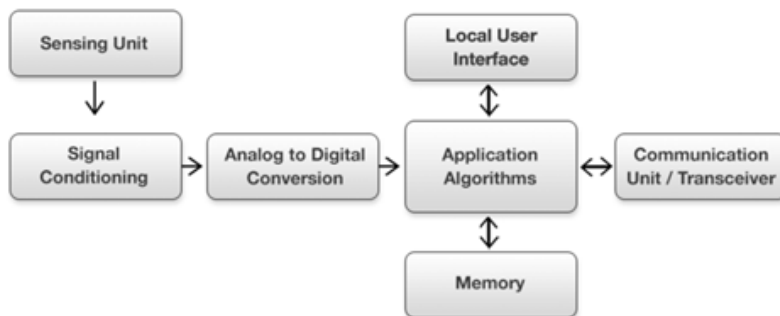


Figura 4.2 Blocuri de bază pentru senzorii inteligenți (Image © Premier Farnell Ltd.) [6]

Co-designul senzorilor biomedicali inteligenți

Metoda de co-design a senzorilor biomedicali inteligenți constă în stabilirea obiectivelor, specificațiilor, proprietăților și constrângerilor pentru senzori în cadrul unui grup de lucru format din specialiști cu competențe relevante:

- ✓ Utilizatorii finali (oferind pacienților perspectiva, nevoile, aspectele legate de confort și acceptabilitatea produsului);
- ✓ Medici (oferind perspectiva asistenței medicale: aspecte legate de parametri de evaluat, poziția senzorilor);
- ✓ Ingineri cu specializări (diplome de licență, studii de master și doctorat) în textile (filare, țesere, tricotare și confecții textile) care oferă informații despre proiectarea, fabricarea și standardizarea produsului;
- ✓ Ingineri cu specializări (diplome de licență, studii de master și doctorat) în electronică care oferă informații despre proiectarea, fabricarea și standardizarea senzorilor;
- ✓ Ingineri cu specializări (diplome de licență, studii de master și doctorat) în informatică/calculatoare, oferind informații despre posibilitățile de dezvoltare a software-ului adecvat hardware-ului propus (senzori + microcontrolere).

În plus, aceste specializări și experiențe diverse generează „produse” tangibile, cum ar fi specificațiile de proiectare pentru senzori inteligenți și integrarea acestora..

Integrarea senzorilor inteligenți în dispozitive medicale

În funcție de flexibilitatea și de gradul de miniaturizare, senzorii inteligenți pot fi integrați în dispozitivele medicale.

Senzori inteligenți integrați în dispozitivele medicale pentru monitorizare biomedicală:

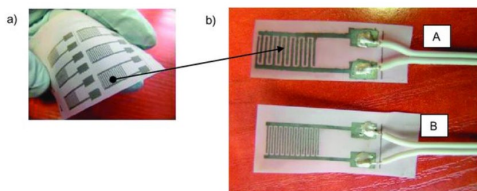
- Senzori de puls (foarte dificil de integrat în structurile textile) [7, 8];
- Senzori de temperatură (figura 1.3 a.) [7];
- Senzori de umiditate (figura 1.3 c) [9];
- Monitorizarea respirației (centuri de monitorizare din materiale textile) (figura 1.3 a) [7, 8];
- Monitorizare ECG (cu electrozi textili) (figura 1.3 b.) [10];
- senzori de oximetrie pentru monitorizarea nivelului de oxigen (figura 1.3 d) [11];
- EMG pentru monitorizarea activității musculare (figura 1.3 d) [11];
- Senzori de monitorizare a pasului/mersului (brăț inteligent care integrează giroscop și accelerometru) [12-16]..



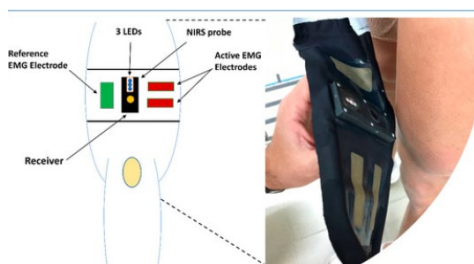
a. [Senzori integrați în tricot pentru monitorizare temperatură, respirație și ritm cardiac \(e-TECS\)](#) [7]



b. Movisens -centură pentru monitorizare ECG [8]



c. Electrozi pentru senzorul de umiditate pe bază de argint (Ag) [9]



d. wiNIREM sistem pe bază de senzori EMG și oximetrie NIRS [11]

Figura 4.3. Senzori inteligenți integrați pentru utilizare medicală

Concluzii

Dezvoltarea textilelor medicale cu senzori inteligenți integrați include componente (microcontrolere, module de comunicare, aplicații software), procesare a semnalului pentru măsurarea parametrilor biomedicali (ritmul respirator, tensiunea arterială, pulsul, nivelul oxigenului, glicemia) sau biomarkeri (de exemplu, analiza transpirației) folosind dispozitive microfluidice portabile) și analiza datelor pentru a stabili modelele adecvate pentru diferite boli, pentru a ajuta pacienții în reabilitare. Integrarea senzorilor inteligenți portabili cu produsele textile depinde de flexibilitatea componentelor electronice și de miniaturizare. Având flexibilitate sau miniaturizare insuficientă, senzorii pot fi deteriorați prin acțiuni mecanice specifice materialelor discrete (textile). Metoda de co-design pentru textilele inteligente care integrează senzori biomedicali constă în colaborarea cu diferite grupuri (pacienți, personal medical, ingineri cu experiență în știința materialelor, textile, integrare electronică și informatică) pentru a defini obiectivele, specificațiile produsului și constrângerile pentru senzori integrați.

Bibliografie

1. Li, S., Ma, Z., Cao, Z., Pan, L. and Shi, Y., 2020. Advanced wearable microfluidic sensors for healthcare monitoring. *Small*, 16(9), p.1903822.
2. Teymourian, H., Tehrani, F., Mahato, K. and Wang, J., 2021. Lab under the skin: microneedle based wearable devices. *Advanced healthcare materials*, 10(17), p.2002255.
3. Gowers, S.A., Freeman, D.M., Rawson, T.M., Rogers, M.L., Wilson, R.C., Holmes, A.H., Cass, A.E. and O'Hare, D., 2019. Development of a minimally invasive microneedle-based sensor for continuous monitoring of β -lactam antibiotic concentrations in vivo. *ACS sensors*, 4(4), pp.1072-1080.
4. Fraunhofer ISC enables wearable technology for technical textiles and medical devices, online available: www.indiantextilemagazine.in/fraunhofer-isc-enables-wearable-technology-for-technical-textiles-and-medical-devices
5. Wearable textile electronics, online available: www.2mel.nl/wearable-textile-electronics.
6. Smart sensors – overview and latest technology, online available: at.farnell.com/smart-sensors-overview-and-latest-technology.
7. Sensors woven into a shirt can monitor vital signs, online available: news.mit.edu/2020/sensors-monitor-vital-signs-0423.
8. Fan, W., He, Q., Meng, K., Tan, X., Zhou, Z., Zhang, G., Yang, J. and Wang, Z.L., 2020. Machine-knitted washable sensor array textile for precise epidermal physiological signal monitoring. *Science advances*, 6(11), p.eaay2840.
9. Weremczuk, J., Tarapata, G. and Jachowicz, R., 2012. Humidity sensor printed on textile with the use of ink-jet technology. *Procedia engineering*, 47, pp.1366-1369.
10. EcgMove 4 – EKG- und Aktivitätssensor, online available: www.movisens.com/de/produkte/ekg-sensor.

11. Di Giminiani, R., Cardinale, M., Ferrari, M. and Quaresima, V., 2020. Validation of fabric-based thigh-wearable EMG sensors and oximetry for monitoring quadriceps activity during strength and endurance exercises. *Sensors*, 20(17), p.4664.
12. Xu, W., Huang, M.C., Amini, N., Liu, J.J., He, L. and Sarrafzadeh, M., 2012, June. Smart insole: A wearable system for gait analysis. In *Proceedings of the 5th international conference on pervasive technologies related to assistive environments* (pp. 1-4).
13. Mustufa, Y.A., Barton, J., O'Flynn, B., Davies, R., McCullagh, P. and Zheng, H., 2015, June. Design of a smart insole for ambulatory assessment of gait. In *IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)* (pp. 1-5). IEEE.
14. Roden, T.E., LeGrand, R., Fernandez, R., Brown, J., Deaton, J. and Ross, J., 2014, May. Development of a smart insole tracking system for physical therapy and athletics. In *Proceedings of the 7th International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments* (pp. 1-6).
15. Raghav, S., Singh, A., Mani, S., Anand, A., Pathak, S., Kandasamy, G. and Kumar, M., 2023. Role of Sensor-Based Insole as a Rehabilitation Tool in Improving Walking among the Patients with Lower Limb Arthroplasty: A Systematic Review. *Intelligent Systems and Smart Infrastructure: Proceedings of ICISSI 2022*, p.38.
16. da Rosa Tavares, J.E., Ullrich, M., Roth, N., Kluge, F., Eskofier, B.M., Gaßner, H., Klucken, J., Gladow, T., Marxreiter, F., da Costa, C.A. and da Rosa Righi, R., 2023. uTUG: An unsupervised Timed Up and Go test for Parkinson's disease. *Biomedical Signal Processing and Control*, 81, p.104394.

Capitolul 5 Co-designul actuatorilor pe bază de textile pentru recuperare medicală

Md. Reazuddin Repon, Daiva Mikucioniene, Department of Production Engineering, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology, Studentų 56, LT-51424, Kaunas, Lithuania

Cuprins

Avantajele actuatorilor flexibile sunt masa redusă, flexibilitatea și capacitatea de lua orice formă în timp ce prezintă o deformare semnificativă ca răspuns la stimulii externi. Chiar dacă expertiza din spatele dispozitivelor de acționare flexibile utilizate în textilele inteligente este încă la început, capacitatea textilelor bazate pe dispozitive de acționare de a genera forță și de a schimba forma ar putea duce la unele noi caracteristici inovatoare sporindu-le inteligența. În prezent, textilele inteligente folosesc foarte rar tehnologia de acționare flexibilă. Cu toate acestea, o varietate de aplicații sunt imaginabile atunci când se combină actuatore flexibile și textilele inteligente. Ele pot fi utilizate în multiple domenii, inclusiv în aplicații medicale. În acest capitol, este prezentată proiectarea textilelor cu actuatori integrați pentru recuperarea medicală. Fără îndoială, domeniul textilelor inteligente va fi afectat în mod considerabil de utilizarea cunoștințelor privind actuatorii flexibili în următorii ani.

Introducere

Țesăturile inteligente sunt țesături care permit încapsularea componentelor electronice, cum ar fi sursele de alimentare, calculatoarele pentru procesare, circuitele interconectate și materialele inteligente. Textilele inteligente pasive sunt cele care au o funcție de detectare, în timp ce textilele inteligente active sunt cele care au o funcție de acționare deoarece observă stimuli de mediu și răspund la acestea (Tao 2001). În textilele inteligente, sarcina actuatorilor este să răspundă la semnalul transmis de senzor sau, respectiv, de unitatea de procesare a datelor. O reacție poate lua forma mișcării, zgomotului sau emisiei unui material. Există cercetări interesante în domeniul acționării mecanice pentru utilizare în țesături inteligente.

Caracteristicile fundamentale ale textilelor sunt adaptabilitatea lor la corp, confortul la atingere, elasticitatea și purtabilitatea. Materialele tradiționale de acționare, cum ar fi aliajele cu memoria formei, materialele magnetostriective și ceramica piezoelectrică, sunt adesea rigide și fragile și greu de integrat în țesături. Un nou tip de material de acționare cunoscut sub numele de actuatore flexibile

este în dezvoltare. Aceste materiale sunt moi și flexibile și au capacitatea de a transforma energia electrică în energie mecanică, care poate fi apoi folosită pentru a produce o forță sau o mișcare. În orice caz, tehnologia de acționare flexibilă este o dezvoltare relativ recentă care este în prezent în curs evaluare într-o varietate de aplicații textile. Actuatorele flexibile pot fi integrate prin tesere mult ușor decât actuatorele clasice.

În electronică au fost făcute progrese pentru electronice tipărite, realizate prin serigrafie și imprimarea digitală cu jet de cerneală. Straturile de polimeri electroactivi pot fi imprimate pe substraturi flexibile ale unui material textil. Conectarea componentelor digitale prin circuite imprimate flexibile este, de asemenea, extrem de practic. În prezent, nu există prea multe utilizări specifice pentru tehnologia de acționare flexibilă în textilele inteligente. Dezvoltarea țesăturilor inteligente este încă la început. Cu toate acestea, în acest domeniu, există un număr mare de aplicații potențiale. Utilizarea tehnologiei de acționare flexibilă în viitorul apropiat va avea un impact substanțial asupra domeniului textilelor inteligente.

Actuatorul și clasificarea actuatorilor flexibili

Un actuator este o componentă a unei mașini sau a unui echipament care ajută la generarea forței mecanice prin conversia energiei, frecvent electrică, aerului sau energiei hidraulice. Este partea oricărei mașini care permite mișcarea. Actuatorele sunt dispozitive care pot produce o acțiune sub control. În figura 1 sunt prezentate diferitele tipuri de actuatore.

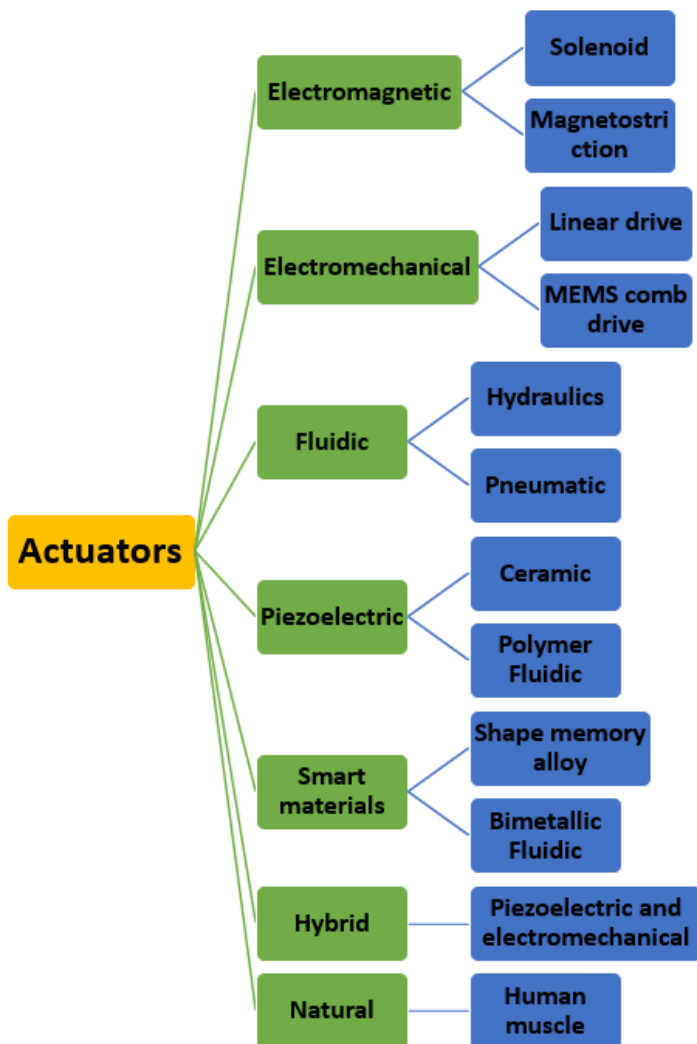


Figura 5.1. Clasificarea actuatorilor

Aplicații ale actuatorilor textile pentru recuperare medicală

Cele două scopuri principale ale îmbrăcăminte tradiționale sunt protecția și atractivitatea. Până în acest moment, hainelor le-au fost adăugate o mulțime de caracteristici suplimentare, inclusiv căldură, comunicare, senzori mecanici, optici și chimici. Răspunsul actuatorilor poate lua forma unei deformări semnificative, mișcare, vibrații, forță semnificativă și descărcare electrică. De obicei, termenul „actuator flexibil convențional” se referă la mușchii artificiali pneumatici care au

fost creați pentru a susține echipamentul medical pentru recuperare. Aceste obiecte vestimentare voluminoase și incomode sunt mai asemănătoare cu dispozitivele mecanice decât dispozitivele textile și au un volum mare. În prezent, există puține exemple de textile inteligente utilizate ca dispozitive de acționare flexibile menționate mai sus. În primul rând, pentru că, în comparație cu actuatoarele pneumatice, acestea au performanțe scăzute de acționare. Se fac încă numeroase studii pentru a îmbunătăți activitatea lor de acționare. În plus, actuatoarele moi și de tip strat subțire (film) sunt candidați excelenți pentru integrarea în textile.

Numărul bătrânilor din întreaga lume a crescut continuu în ultimele decenii. Atât țările dezvoltate, cât și cele în curs de dezvoltare se confruntă cu aceleași tendințe. Îmbătrânirea are ca rezultat o încetinire generală a proceselor biologice. Interesul pentru problemele conexe a crescut ca urmare a creșterii populației în vârstă și a cererii în creștere pentru terapie de recuperare. Multe persoane se confruntă cu leziuni cerebrale ca urmare a unor boli care provoacă tulburări cognitive și motorii, pe lângă dificultățile legate de vârstă. Există un număr mare de persoane care au nevoie de îngrijiri speciale, fie pentru recuperare, fie pentru ajutor.

Majoritatea tratamentelor de recuperare medicală constau în principal în două moduri. Unul este exercițiul permanent care împiedică agravarea stării generale a pacienților cronici; celălalt este exercițiul în curs de desfășurare permanent pentru pacienții cu traumatisme, care le poate permite să-și recapete funcția musculară total sau parțial. Sistemele și metodele de rehabilitare pot varia foarte mult și trebuie adaptate însă rezultatul are costuri sociale foarte ridicate. Utilizarea echipamentelor robotizate pentru a oferi suport și pentru recuperare medicală este o soluție realizabilă. Actuatoarele pneumatice au fost create pentru a ajuta oamenii prin utilizarea unui cadru dur, cum ar fi un exoschelet, sau prin plasarea curelelor în locurile potrivite. Aceste instrumente de recuperare medicală se bazează pe mișcările sau funcțiile de acționare efectuate de actuatoarele pneumatice ([1]:

Acționarea mâinilor: Mușchii pneumatici, care sunt atașați în zona degetelor, sunt făcuți special pentru a realiza îndoirea degetelor. O mânășă robotică flexibilă cu un dispozitiv actuator acționat de fluid poate ajuta la mișcarea de apucare a mâinii. Pentru a crea o mișcare convențională de prindere, au fost utilizate diferite moduri de acționare pentru degetul mare și celelalte degete (Figura 2a) [2]. Pentru persoanele cu deficite de mișcare a mâinilor cauzate de afecțiuni neurologice, sistemul de recuperare flexibil al degetului mare descris într-un studiu dublează și

recuperează funcția motorie adecvată degetului mare (Figura 2b) [3]. La Universitatea Okayama, Sasaki și coautorii au proiectat o mănușă de asistență medicală electrică pentru prinderea mâinii în scopul îmbunătățirii activității de viață zilnice (ADL) într-o abordare simplă și sigură. Degetul mare opozabil este miscat de doi mușchi pneumatici de tip liniar situați la baza degetului mare, unul pe dosul mainii și unul pe palma. Mușchii curbați din cauciuc pneumatic legați de dosul degetelor permit îndoirea degetelor [4].

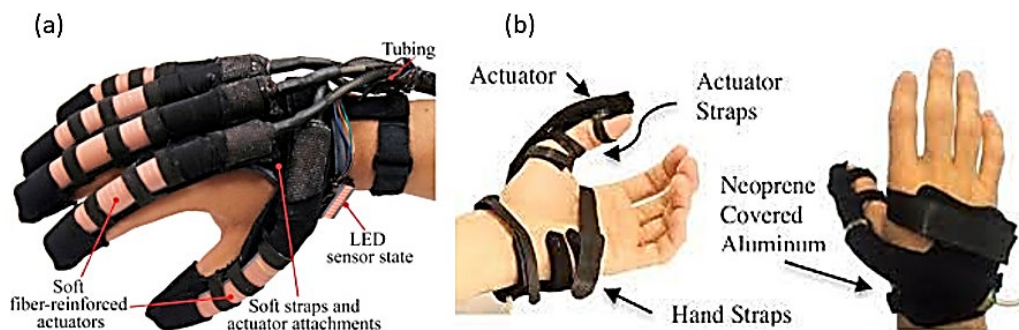


Figura 5.2 (a) O mănușă hidraulică flexibilă pentru asistență combinată și recuperare medicală la domiciliu [2], (b) Atașamentul de mână dezvoltat cu dispozitivul de acționare segmentat încorporat[3].

Acționarea cotului: Mușchii sunt făcuți pentru a ajuta la mișcarea cotului sau pentru a ajuta articulația să-și recapete funcția. Pentru o articulație adecvată a articulației cotului pacientului, a fost propus un exoschelet de reabilitare medicală folosind fire SMA ca dispozitiv de acționare pentru cot. Exoscheletul propus este ușor, ceea ce sporește capacitatea pacienților de a face sarcinile zilnice și procesul de recuperare medicală [5]. A fost propus un concept inovator pentru un actuator pe bază de material textil, constând dintr-un tub gonflabil pliat în interiorul unei incinte din material textil. Dispozitivul de acționare sugerat funcționează bine atunci când țineți greutate; testele cu o mănușă purtabilă și un flexor de mărimea cotului au folosit sarcini de 9 kg și 20 kg. Se sugerează să se folosească o structură cu curbura variabilă pentru a modifica forma actuatorului atunci când este presurizat ([6]. Koh și coautorii săi de la Universitatea Națională din Singapore au proiectat o manșon flexibil pentru cot robotizat cu acționare pasivă și controlată [7].

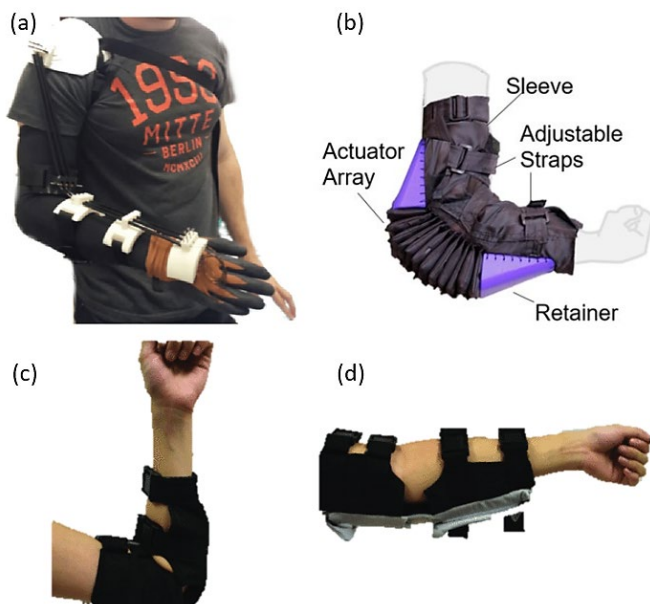


Figura 5.3 (a) Exoschelet pentru recuperare medicală pentru articulația corectă a cotului pacientului [5]; (b) Proiectarea manșonului pentru cotul robotic flexibil [8]; Pozițiile brațelor în timpul utilizării manșonului moale pentru cot robotizat. (c) Poziție flexibilă și (d) extinsă [7].

Aționarea membrilor superioare: Umărul, brațul și antebrațul dispozitivului de asistență a mobilității membrilor superioare sunt unite prin două articulații antrenate de motor [9]. Atela de asistență electrică pentru braț, creată de o echipă de cercetare de la Universitatea Okayama, alimentează articulațiile încheieturii mâinii și ale cotului pentru a ajuta la mișcarea membrilor superioare. Un material flexibil precum o mănușă este insuficient în această situație pentru a acționa ca o interfață cu pacientul. Este necesară o rigiditate mai mare deoarece dispozitivele de acționare transmit forțe mai puternice membrilor [10]. Cercetătorul, Ciaran de la Universitatea Harvard, a dezvoltat roboți purtabili pe bază de textile pentru recuperare medicală și asistența membrilor superioare [11]. Pentru început, au fost construite actuatore pneumatice pe bază de material textil pentru a transfera cupluri direct la articulația țintă și au fost folosite o varietate de prototipuri fizice pentru a modela și evalua procesele de acționare ale actuatorelor. Au fost cercetate mai multe tipuri distincte de dispozitive de asistență pentru membrele superioare.

Aționare trunchiului și taliei: Aparatul conceput pentru a ajuta la mișcarea taliei este alcătuit din două piese rigide unite între ele printr-o balama și atașate de mușchii pneumatici care au un aspect curbat[12]. Corpul uman este echipat cu un dispozitiv de asistență purtabil pentru a ajuta mușchii să funcționeze mai eficient. Acest dispozitiv ajută la activitățile zilnice, reabilitarea, munca grea, antrenament și alte sarcini [13].

Aționarea membrelor inferioare: Mușchii paraleli utilizați în membrul inferior activ alimentează articulația genunchiului. Dispozitivul este conceput pentru a oferi unei persoane în vârstă sau cu dizabilități care poate merge, dar are dificultăți în a se așeza și a se ridica dintr-o poziție așezată, mai multă independență [14]. Cele trei provocări principale în proiectarea acestor tipuri de dispozitive portabile sunt greutatea, puterea și deformabilitatea. Mușchii pneumatici au încă o capacitate uriașă și necesită o sursă de gaz presurizat pentru a fi conduși într-un dispozitiv purtabil. Sunt necesare actuatore sigure, mici, ușoare și agile pentru a îndeplini aceste obiective. Pentru persoanele cu dizabilități, un dispozitiv de reabilitare purtabil ar trebui să fie la fel de simplu ca și îmbrăcămintea de zi cu zi. Opțiunea optimă este un actuator flexibil de tip foaie, ca cele discutate mai sus. Fig. 14 prezintă un costum de ajutor pentru reabilitare purtabilă cu dispozitive de acționare pentru diferite nevoi.

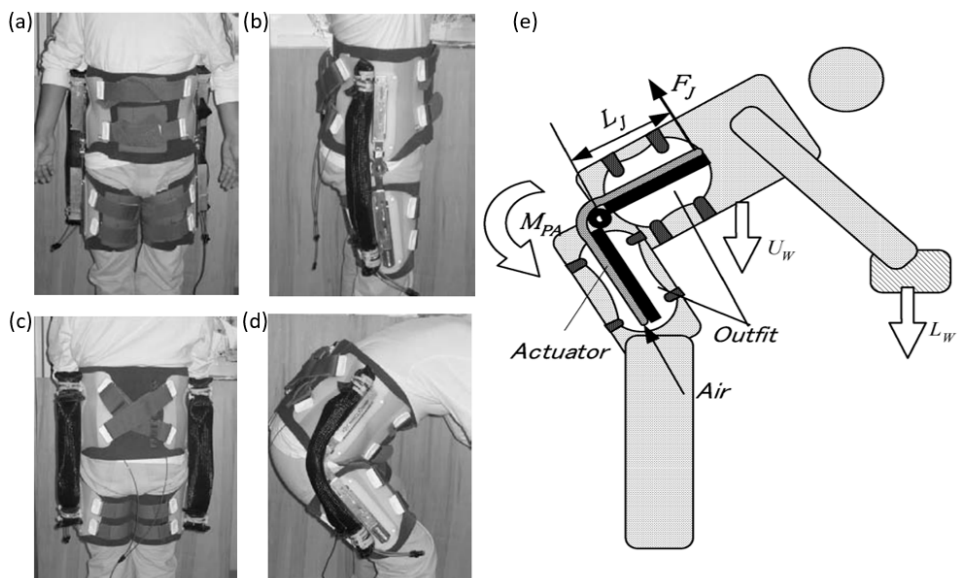


Figura 5.4. (a) partea din față, (b) partea laterală, (c) partea din spate, (d) partea laterală și (e) principiul de funcționare a sistemului de acționare a taliei [12].

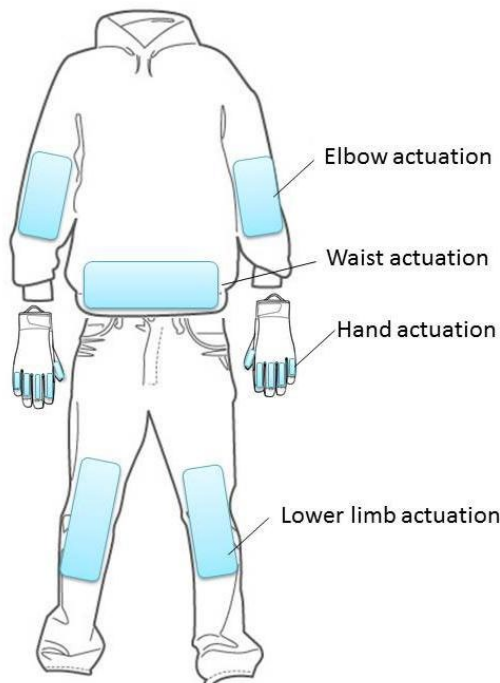


Figura 5.5: Costum de susținere pentru recuperare medicală pe bază DE Stack [15].

Concluzii

În ultimii ani s-au dezvoltat intens textilele cu dispozitive de acționare pentru utilizare în aplicații purtabile, în special pentru reabilitare. Actuatorii flexibile pot fi folosite pentru asistență medicală și echipamente medicale purtabile. Ei pot ajuta la realizarea acestor articole gadget-uri prin încorporarea lor în îmbrăcăminte pentru tratamente cum ar fi masaj terapeutic, recuperare medicală și asistență. Cu toate acestea, deoarece este dificil de prezis comportamentul flexibil și conform al textilelor, proiectarea acestor dispozitive de acționare pe bază de textile este adesea un proces iterativ. Un material textil sau un articol de îmbrăcăminte va deveni mai inteligent dacă aceste caracteristici sunt incluse în el. Se preconizează că textilele inteligente vor beneficia foarte mult de pe urma unora dintre aceste dispozitive de acționare flexibile, despre care unii cercetători spun că ar putea fi asemănătoare cu mușchii naturali.

Bibliografie

1. Belforte G, Quaglia G, Testore F, et al (2007) Wearable textiles for rehabilitation of disabled patients using pneumatic systems. In: *Smart textiles for medicine and healthcare: Materials, systems and applications*. pp 221–252.
2. Polygerinos P, Wang Z, Galloway KC, et al (2015) Soft robotic glove for combined assistance and at-home rehabilitation. *Rob Auton Syst* 73:135–143. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2014.08.014>.
3. Maeder-York P, Clites T, Boggs E, et al (2014) Biologically inspired soft robot for thumb rehabilitation. *J Med Devices, Trans ASME* 8:2014–2016. <https://doi.org/10.1115/1.4027031>.
4. Sasaki D, Noritsugu T, Takaiwa M, Yamamoto H (2004) Wearable power assist device for hand grasping using pneumatic artificial rubber muscle. *Proc - IEEE Int Work Robot Hum Interact Commun* 655–660. <https://doi.org/10.1109/roman.2004.1374840>.
5. Copaci D, Cano E, Moreno L, Blanco D (2017) New Design of a Soft Robotics Wearable Elbow Exoskeleton Based on Shape Memory Alloy Wire Actuators. *Appl Bionics Biomech* 2017:. <https://doi.org/10.1155/2017/1605101>.
6. Nassour J, Hamker FH, Cheng G (2020) High-Performance Perpendicularly-Enfolded-Textile Actuators for Soft Wearable Robots: Design and Realization. *IEEE Trans Med Robot Bionics* 2:309–319. <https://doi.org/10.1109/TMRB.2020.3012131>.
7. Koh TH, Cheng N, Yap HK, Yeow CH (2017) Design of a soft robotic elbow sleeve with passive and intent-controlled actuation. *Front Neurosci* 11:1–12. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00597>.
8. Thalman CM, Lam QP, Nguyen PH, et al (2018) A Novel Soft Elbow Exosuit to Supplement Bicep Lifting Capacity. *IEEE Int Conf Intell Robot Syst* 6965–6971. <https://doi.org/10.1109/IROS.2018.8594403>.
9. Chakarov D, Veneva I, Tsveov M, Venev P (2018) Powered upper limb orthosis actuation system based on pneumatic artificial muscles. *J Theor Appl Mech* 48:23–36. <https://doi.org/10.2478/jtam-2018-0002>.
10. Sasaki D, Noritsugu T, Takaiwa M, Kataoka Y (2005) Development of Pneumatic Wearable Power Assist Device for Human Arm “ASSIST.” In: *Proceedings of the JFPS International Symposium on Fluid Power*. pp 202–207.
11. O’Neill C (2021) *Textile-based Soft Wearable Robots for Upper-Limb Rehabilitation and Assistance*. Harvard University.
12. Noritsugu T, Gao L (2005) Development of Wearable Waist Power Assist Device Using Curved Pneumatic Artificial Rubber Muscle. *Trans Japan Fluid Power Syst Soc* 36:143–151. <https://doi.org/https://doi.org/10.5739/jfps.36.143>.
13. Noritsugu T (2015) Development of Power Assist Wear driven with Pneumatic Rubber Artificial Muscle. *J Robot Soc Japan* 33:222–227. <https://doi.org/10.7210/jrsj.33.222>.

14. Raparelli T, Zobel PB, Durante F (2004) Powered Lower Limb Orthosis for Assisting Standing Up and Sitting Down Movements. In: Designing a More Inclusive World. pp 205–214.
15. Tao X (2015) Handbook of smart textiles. Springer Singapore, Hung Hom, Hong Kong.
16. Tao X (2001) Smart Fibres, Fabrics and Clothing, Fundamentals and Applications, 1st edn. Woodhead Publishing.

Capitolul 6 Convertoare pentru recolectarea energiei pe bază de electrozi textili

Aileni Raluca Maria, Cristina Stroe, INCDTP, Romania

Rezumat

Dispozitivele de colectare a energiei pe bază de textile reprezintă o alternativă la bateria clasică rigidă și cu energie limitată deoarece poate obține energie din diferite surse (energie solară, energie cinetică, energie termică, energie chimică și unde electromagnetice). Acest capitol prezintă principalele aspecte ale dispozitivelor portabile de colectare a energiei, materialelor textile utilizate și tehnologiilor utilizate pentru dezvoltarea dispozitivelor de colectare a energiei.

Introducere

O alternativă la bateriile care au capacitate limitată de stocare a energiei sunt dispozitivele de colectare a energiei, deoarece diverse surse de energie, cum ar fi cinetică, termică, electromagnetică și chiar chimică, se găsesc în cantități nelimitate și pot fi folosite pentru a fi transformate în energie electrică și stocate pentru a asigura puterea necesară funcționării diverselor dispozitive autonome portabile. Principiile generale (electromecanice, termoelectrice, electromagnetice, piezoelectrice) sunt puncte de plecare pentru dezvoltarea dispozitivelor de colectare a energiei. Numeroase studii investighează realizarea acestor dispozitive folosind materiale textile din fibre/fire electroconductive sau prin depunerea de filme polimerice cu proprietăți magnetoelectrice (de exemplu, PVDF).

Tipuri de convertoare pentru recoltarea energiei și fabricarea acestora

Dispozitivele de colectare a energiei (EHD) pot rezolva problema alimentării cu energie în cazul dispozitivelor portabile autonome (actuatori sau senzori bazați în sisteme portabile). Această sursă independentă de alimentare este esențială în special într-un mediu dur sau pentru implanturi portabile (stimulatoare cardiace) deoarece, de exemplu, autonomia bateriei pentru stimulatoare cardiace este de aproximativ 12-13 ani. Energia de intrare (termică, electrostatică, mecanică, electromagnetică, solară) provenită din diferite surse (căldura corpului uman,

mișcarea corpului uman, mediu, soare, vânt) pentru a fi captată și convertită în energie electrică pentru alimentarea dispozitivelor autonome portabile, necesită utilizarea materialelor/dispozitivelor termoelectrice, piezoelectrice sau triboelectrice integrate în sistemele portabile. Un sistem pneumatic de recoltare poate recupera o putere maximă de 3 W și poate depăși eficiența energetică a conversiei electromagnetice, piezoelectrice și triboelectrice cu 20%. Conversoarele constau în materiale/sisteme (de exemplu, microcablu textil pentru colectarea simultană a energiei solare și mecanice) care pot converti un alt tip de energie (mecanică, ușoară, termică etc.) în energie electrică.

- Inducția electrostatică și efectul triboelectric generează cantități mici de putere din mișcarea mecanică. În figura 6.1. este prezentat nanogeneratorul triboelectric din tricot interlock cu două fețe 3D (3DFIF-TENG) bazat pe tricot interlock care poate produce electricitate prin îndoirea și întinderea țesăturii [1].

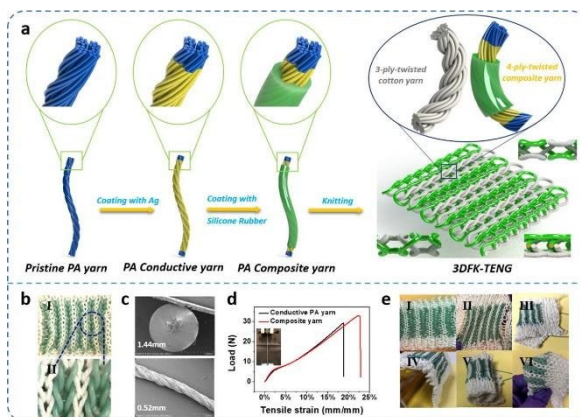


Figura 6.1 Procesul de realizare și comportamentul mecanic pentru nanogeneratorul triboelectric 3DFIF-TENG [1]

Generarea curentului continuu (DC) din semnalele wireless ambientale se poate realiza folosind materiale textile conductive și dielectrice (fibre, fire) prelucrate prin filare, țesere, tricotare, broderie și imprimarea materialelor izolante cu cerneluri conductive, antene patch pentru colectarea energiei se pot face aplicații [2]. Mai mult, obținerea curentului electric din unde electromagnetice (RF) poate fi realizată prin utilizarea unei antene patch și a unui redresor fabricat pe baza unei broderii cu fir conductiv pe substraturile izolatoare textile [3].

- Generarea energiei electrice din energie termică se poate realiza prin utilizarea materialelor de tip p și de tip n pe bază de fire de argint și fire textile funcționalizate prin depunere de polimeri conductivi (PEDOT:PSS) și coasere/brodare pentru realizarea generatoarelor termoelectrice textile [4, 5] (figura 6.2).

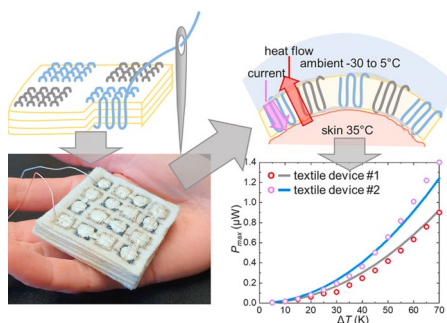




Figura 6.2 Materiale utilizate pentru textile termoelectrice [4]

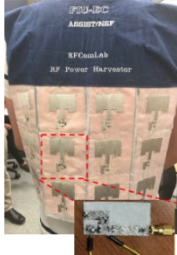

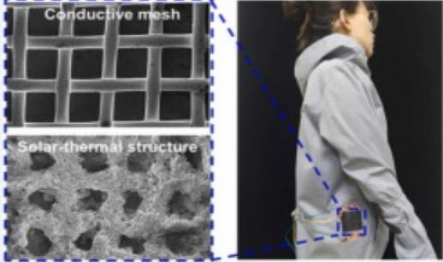
Pentru a putea fi utilizate pentru alimentarea dispozitivelor portabile, convertoarele de energie [6] (Tabelul 6.1) ar trebui să transforme diferitele tipuri de energie (termică, mecanică, RF și solară) în energie electrică pe baza diferitelor efecte (Seebeck, EM energy harvesting, Piezoelectric, Fotoelectric).

Concluzii

Utilizarea textilelor pentru dispozitivele de colectare a energiei reprezintă o provocare pentru cercetători în a înlocui bateria clasică cu durată limitată de viață și energie cu energie obținută prin conversia diferitelor tipuri de energie (energie solară, energie cinetică, energie termică, energie chimică și unde electromagnetice). Convertoarele transformă diferitele tipuri de energie (termică, mecanică, RF și solară) în energie electrică pe baza diferitelor efecte (Seebeck, EM energy harvesting, piezoelectric, fotoelectric). În cazul electronicelor mici (senzori și actuator bazate pe sisteme), dispozitivele portabile de colectare a energiei (EHD) pot rezolva problema alimentării cu energie.

Tabel 6.1 Tipuri de convertoare pentru recoltarea energiei

Tip convertor	Efect	Tip energie de intrare	Sursa energiei	Tipuri de dispozitive portabile și integrare	Domeniu*	Exemplu
Termoelectric (TEG)	Seebeck	Termică	Căldura corpului uman	Sistem pe un cip (SoC); încheietură [7] 	M, P, A, S	Transformarea căldurii în electricitate
Piezoelectric (PE)	Piezoelectric	Mecanica	Mișcarea corpului uman	Harvester pe bază de sistem pneumatic [8] 	M, P, A, S	Fibră piezoelectrică pentru textile sensibile la mișcare Convertor de energie pneumatic pe baza de textile Nanogeneratoare triboelectrice pe bază de fibre

Radiofrecvență (RF)	Captarea energiei în benzile RF (GSM (900 MHz); WiFi, ISM (2.4 GHz)	Electromagnetică	Mediu	Cămașă pentru colectarea energiei RF [9] 	M, P, A, S	
Solar	Fotoelectric	Solar	Mediu	Jachetă cu convertoare pentru recoltarea energiei solare [10] 	M, P, A, S	Energie fotovoltaică din textile
Nnagenerator hibrid	Fotoelectric și Piezoelectric	Mecanic și Solar	Corpul uman și mediu	Jachetă cu generator solar și piezoelectric [10] 	M, P, A, S	Actuator pe bază de fire răsucite

Bibliografie

1. Chen, C., Chen, L., Wu, Z., Guo, H., Yu, W., Du, Z. and Wang, Z.L., 2020. 3D double-faced interlock fabric triboelectric nanogenerator for bio-motion energy harvesting and as self-powered stretching and 3D tactile sensors. *Materials Today*, 32, pp.84-93.
2. Yamada, Y., 2022. Textile Materials for Wireless Energy Harvesting. *Electronic Materials*, 3(4), pp.301-331.
3. Vital, D., Bhardwaj, S. and Volakis, J.L., 2019. Textile-based large area RF-power harvesting system for wearable applications. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 68(3), pp.2323-2331.
4. Lund, A., Tian, Y., Darabi, S. and Müller, C., 2020. A polymer-based textile thermoelectric generator for wearable energy harvesting. *Journal of Power Sources*, 480, p.228836.
5. Tian, Z., Lee, S. and Chen, G., 2014. Comprehensive review of heat transfer in thermoelectric materials and devices. *Annual review of heat transfer*, 17.
6. Hudak, N.S. and Amatucci, G.G., 2008. Small-scale energy harvesting through thermoelectric, vibration, and radiofrequency power conversion. *Journal of Applied Physics*, 103(10), p.5.
7. Alhawari, M., Mohammad, B., Saleh, H. and Ismail, M., 2018. *Energy harvesting for self-powered wearable devices*. Springer International Publishing.
8. Shveda, R.A., Rajappan, A., Yap, T.F., Liu, Z., Bell, M.D., Jumet, B., Sanchez, V. and Preston, D.J., 2022. A wearable textile-based pneumatic energy harvesting system for assistive robotics. *Science Advances*, 8(34), p.eabo2418.
9. Radio Frequency Harvesting, online available: assistcenter.org/radio-frequency-rf-harvesting.
10. Chen, J., Huang, Y., Zhang, N., Zou, H., Liu, R., Tao, C., Fan, X. and Wang, Z.L., 2016. Micro-cable structured textile for simultaneously harvesting solar and mechanical energy. *Nature Energy*, 1(10), pp.1-8.

Capitolul 7 Cerințele utilizatorilor finali și perspective pentru alegerea produselor inteligente

Md. Reazuddin Repon, Daiva Mikucioniene, Department of Production Engineering, Kaunas University of Technology, Studentų 56, LT-51424, Kaunas, Lithuania

Rezumat

Economia mondială și cerințele pieței au evoluat rapid în ultimii câțiva ani, iar cererea de produse inteligente este în creștere. Produsele inteligente cu noi funcții au fost concepute ca urmare a progreselor tehnice recente. Cu toate acestea, realizarea de produse inteligente necesită ajustări semnificative ale procedurilor de dezvoltare a produselor, care au cunoscut numeroase progrese în ultimii ani în ceea ce privește teorie, metodologii și abordări. Produsele inteligente pot colecta, procesa și furniza informații. Acest capitol discută cerințele utilizatorului final și perspectiva în selectarea produselor inteligente.

Introducere

„Produsul inteligent” a câștigat popularitate în ultimii 10 ani în rândul experților în tehnologie și a cadrelor universitare. La începutul deceniului, produsele inteligente erau folosite în primul rând pentru a promova tehnologia de ultimă oră la târguri comerciale. Dar, ca urmare a descoperirilor tehnologice, produsele inteligente sunt deja o realitate și, în unele cazuri, au contribuit deja la perturbarea afacerilor consacrate la începutul unei noi ere marcate de internetul obiectelor (IoT), marketing și inovare tehnologică [1-3]. Sistemele ciberfizice (CPS) care folosesc și integrează și servicii bazate pe Internet pentru a îndeplini funcționalitatea necesară sunt denumite produse inteligente [4-5]. CPS-urile sunt descrise ca fiind dispozitive sau sisteme mecatronice „inteligente” care pot interacționa și comunica cu alte CPS-uri prin diverse canale de comunicare, cum ar fi Wireless LAN fără fir sau Internet [5, 6].

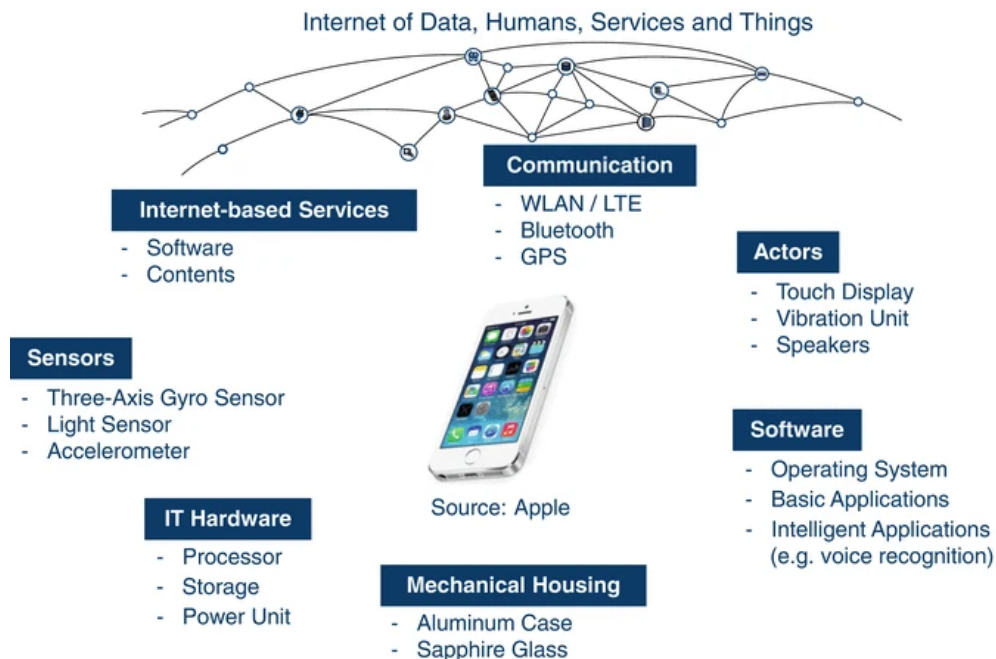


Figura 7.1. Elemente esențiale pentru un produs inteligent pe baza exemplului pentru un telefon inteligent (smart) [5].

Componentele fizice și virtuale, precum și produsele și serviciile bazate pe internet, sunt integrate în produsele inteligente. Figura 1 ilustrează elementele esențiale ale unui produs inteligent folosind exemplul celui mai cunoscut produs inteligent, smartphone-ul. Figura 2 ilustrează aplicațiile și principalele caracteristici ale produselor inteligente [5, 7].

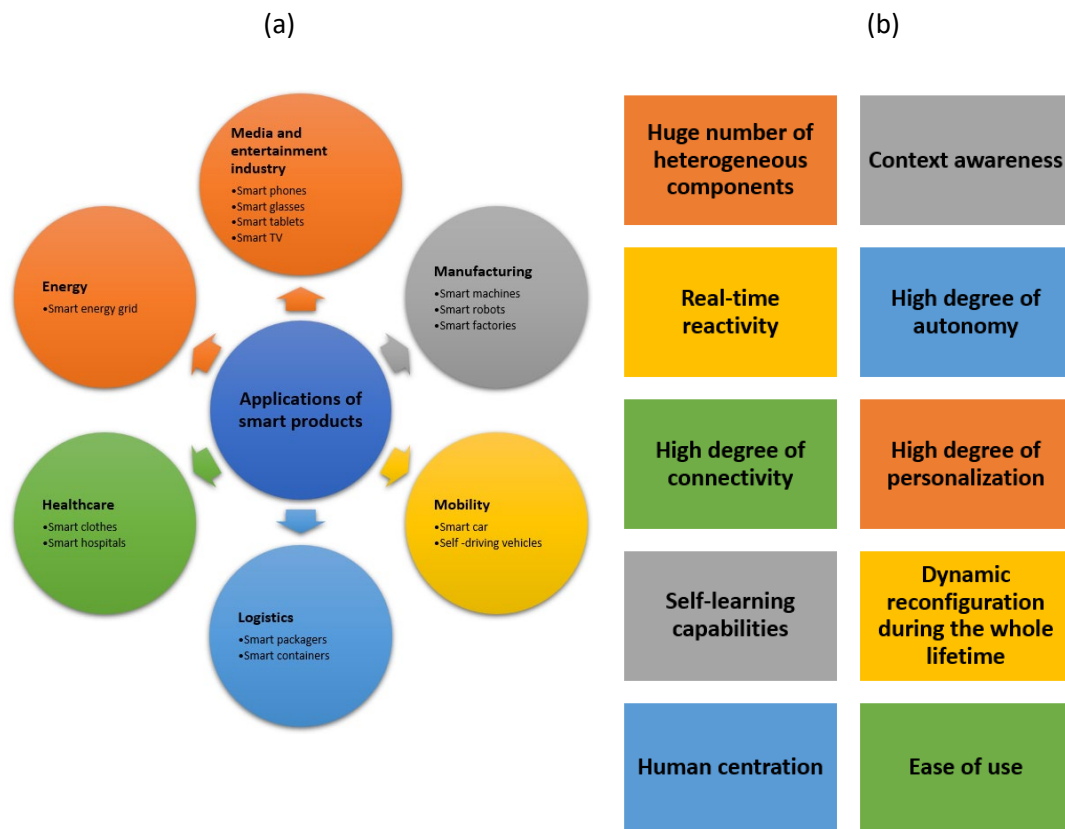


Figura 7.2. Aplicații (a) și principalele caracteristici (b) ale produselor inteligente

Cerințele utilizatorului final și perspectiva produselor inteligente

Produsele inteligente diferă de produsele obișnuite prin faptul că au funcționalități specifice. Acestea includ autonomie, fiabilitate și individualizare, precum și interacțiuni inteligente cu utilizatorii umani. Aceste abilități funcționale sunt rezultatul unui număr de proprietăți tehnice, inclusiv reziliență, inteligență și conectivitate susținute de detectare și reconfigurabilitate. Una dintre caracteristicile cheie ale produselor inteligente este inteligența lor, care cuprinde capacități precum recunoașterea (vorbire, viziune, limbaj etc.), raționament și învățare. Interacțiunile inteligente ale utilizatorilor sunt primul sens al termenului „inteligent” în raport cu produsele. A doua componentă este ceea ce se numește

control inteligent, care depășește controlul de feedback convențional. În al treilea rând, alte trăsături, cum ar fi autonomia și reconfigurabilitatea, beneficiază de inteligență [8-9].

Produsele inteligente ar trebui să aibă senzori și capacități de detectare inteligente. Produsele inteligente pot detecta stimuli externi și pot acumula informații prin intermediul sensorului. Datele colectate pot fi utilizate în scopuri pe termen lung și scurt datorită senzorilor de identificare prin radiofrecvență și cipurilor IoT [10-13].

Modalitățile verbale, vizuale, tactile și alte moduri de implicare sunt toate necesare pentru interacțiunile umane inteligente. Cu toate acestea, cel mai bun produs inteligent ar trebui să fie înțeles ca fiind unul care comunică cu utilizatorii în moduri foarte inteligente, în timp ce necesită cel mai mic minim de interacțiune umană. Interfața de utilizator cu ecran tactil permite comunicații bidirecționale, dar nu una tradițională [8-9].

Sistemele produse-servicii ar trebui incluse în produsele inteligente. Prin utilizarea senzorilor, aceștia colectează date operaționale și le folosesc mai bine pentru întreținere și gestionarea ciclului de viață. Pentru vehiculele inteligente utilizate pentru servicii autonome MaaS, aceste tipuri de caracteristici pot fi esențiale. Din punct de vedere tehnic, acest lucru indică faptul că este necesare îmbunătățirea fiabilității. Noile tehnici de livrare a serviciilor, cum ar fi monitorizarea continuă a sănătății în timp real, întreținerea proactivă sau predictivă, sunt mai rapide și mai eficiente [14-15].

Toate caracteristicile produselor inteligente sunt construite pe baza conectivității cu alți agenți de pe Internet. Va face posibilă colectarea datelor, dar va face și autoidentificarea și determinarea locației mai ușoară. Limitele comunicațiilor fără fir sunt în prezent împinse la 5G și mai departe de evoluțiile tehnologiilor de comunicații wireless [16]. Multe aplicații vor avea, de asemenea, oportunitatea de a trece de la local la cloud computing, edge computing sau fog computing. Dacă ecosistemul produselor inteligente este într-adevăr centrat pe date sau bazat pe date, este necesară o conexiune de mare viteză [17].

Produsele inteligente trebuie să posede un grad ridicat de autonomie. În mai multe discipline, interesul pentru autonomie este în creștere. Sistemele autonome au capacitatea de a percepe informații din exterior, de a lua decizii inteligente fără ajutorul oamenilor și de a lua măsurile adecvate [18]. O dronă sau un submarin robotizat de adâncime este adesea capabilă să zboare sau să înoate de la sine, fără

a utiliza o telecomandă. Un sistem autonom poate prezenta, de asemenea, un comportament nedeterminist prin auto-învățare. Un produs modular care se configurează după asamblarea modulelor este un exemplu de auto-învățare autonomă [2, 19-20].



Figura 7.3. Cateva exemple de produse inteligente: telefonul inteligent (a) [21]; ceasul inteligent (b) [22]; smart cloth (f) [23]; ochelari inteligenți (g) [24]; robot inteligent (d) [25]; mașină autonomă (conducere automată) (e) [26]; TV inteligent (c) [27] și container inteligent (h) [28].

Personalizarea, individualizarea sau personalizarea sunt esențiale pentru a oferi clientului o valoare suplimentară. Reconfigurabilitatea ar putea fi utilizată pentru a facilita personalizarea, individualizarea sau personalizarea produselor inteligente pentru a satisface cerințele explicite sau implicite ale utilizatorului [29-31]. Reconfigurarea produselor inteligente poate avea loc oricând în timpul vieții lor. Spre deosebire de reconfigurarea timpului de rulare, care poate lua orice formă de control pentru a adapta mașina la mediile externe în schimbare și la înrăutățirea circumstanțelor interne, reconfigurarea în timpul de proiectării presupune modificarea designului mașinii pentru a adapta un model vechi la noile cerințe ale utilizatorului [4, 32].

Produsele inteligente au potențialul de a funcționa mai bine în ceea ce privește mentenabilitatea, tratamentul la sfârșitul vieții și consumul de energie prin

monitorizarea stării și a caracteristicilor de mediu și analizând ulterior datele colectate. Acest lucru ar putea contribui la promovarea durabilității. Figura 3 indică exemplele unor produse inteligente disponibile pe piață.

Concluzii

Definiția produselor inteligente, adică CPS cu servicii pentru clienți bazate pe internet, devine acum din ce în ce mai specificată. Acest lucru sugerează intensitatea utilizării produselor software, orientarea către date și multidisciplinaritatea. Însă dezvoltarea dispozitivelor inteligente nu implică doar adăugarea mai multor capabilități legate de software. Serviciile inteligente adaugă valoare produselor inteligente, crescând valoarea experiențelor utilizatorilor. Acest capitol a oferit o privire de ansamblu rapidă a mai multor produse inteligente și apoi a continuat să prezinte caracteristicile comune și cerințele utilizatorului final.

Bibliografie

1. Ng ICL, Wakenshaw SYL (2017) The Internet-of-Things: Review and research directions. *Int J Res Mark* 34:3–21. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2016.11.003>.
2. Tomiyama T, Lutters E, Stark R, Abramovici M (2019) Development capabilities for smart products. *CIRP Ann* 68:727–750. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2019.05.010>.
3. Li CZ, Chen Z, Xue F, et al (2021) A blockchain- and IoT-based smart product-service system for the sustainability of prefabricated housing construction. *J Clean Prod* 286:125391. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125391>.
4. Abramovici M, Göbel JC, Savarino P (2017) Reconfiguration of smart products during their use phase based on virtual product twins. *CIRP Ann - Manuf Technol* 66:165–168. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.042>.
5. Zheng P, Wang Z, Chen CH, Pheng Khoo L (2019) A survey of smart product-service systems: Key aspects, challenges and future perspectives. *Adv Eng Informatics* 42:100973. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100973>.
6. Abramovici M (2015) Smart Products. In: Chatti S, Tolio T (eds) *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp 1-5.
7. Shao S, Xu G, Li M (2019) The design of an IoT-based route optimization system: A smart product-service system (SPSS) approach. *Adv Eng Informatics* 42:101006. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.101006>.
8. Nee AYC, Ong SK, Chryssolouris G, Mourtzis D (2012) Augmented reality applications in design and manufacturing. *CIRP Ann - Manuf Technol* 61:657–679. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2012.05.010>.
9. Choi S, Jung K, Noh S Do (2015) Virtual reality applications in manufacturing industries: Past research, present findings, and future directions. *Concurr Eng Res Appl* 23:40–63. <https://doi.org/10.1177/1063293X14568814>.

10. Teti R, Jemielniak K, O'Donnell G, Dornfeld D (2010) Advanced monitoring of machining operations. *CIRP Ann - Manuf Technol* 59:717–739. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2010.05.010>.
11. Gubbi J, Buyya R, Marusic S, Palaniswami M (2013) Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Futur Gener Comput Syst* 29:1645–1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>.
12. Ungurean I, Gaitan NC, Gaitan VG (2014) An IoT architecture for things from industrial environment. *IEEE Int Conf Commun*. <https://doi.org/10.1109/ICComm.2014.6866713>.
13. Yasuura, Hiroto Kyung, Chong-Min Liu, Yongpan Lin Y-L (2017) *Smart Sensors at the IoT Frontier*. Springer Cham.
14. Zhong RY, Xu X, Klotz E, Newman ST (2017) Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering* 3:616–630. <https://doi.org/10.1016/j.ENG.2017.05.015>.
15. Liu Y, Zhang Y, Ren S, et al (2020) How can smart technologies contribute to sustainable product lifecycle management? *J Clean Prod* 249:119423. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119423>.
16. Palattella MR, Dohler M, Grieco A, et al (2016) Internet of Things in the 5G Era: Enablers, Architecture, and Business Models. *IEEE J Sel Areas Commun* 34:510–527. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2016.2525418>.
17. Agiwal M, Roy A, Saxena N (2016) Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey. *IEEE Commun Surv Tutor* 18:1617–1655. <https://doi.org/10.1109/COMST.2016.2532458>.
18. Lucia-Palacios L, Pérez-López R (2021) How can autonomy improve consumer experience when interacting with smart products? *J Res Interact Mark*. <https://doi.org/10.1108/JRIM-02-2021-0031>.
19. Zhang EM (2010) Understanding the Acceptance of Mobile SMS Advertising among Young Chinese Consumers. *Psychol Mark* 30:461–469. <https://doi.org/10.1002/mar>.
20. Raff S, Wentzel D, Obwegeser N (2020) Smart Products: Conceptual Review, Synthesis, and Research Directions. *J Prod Innov Manag* 37:379–404. <https://doi.org/10.1111/jpim.12544>.
21. Apple iPhone (2019) <https://istore.lt/apple-iphone-xr-smart-battery-deklas-white.html>
22. Smartwatch (2022) <https://www.yescart.com/hifuture-futurefit-ultra-smart-watch>
23. Iwano M (2020) <https://asia.nikkei.com/Business/Technology/From-gamers-to-dogs-Japan-forges-ahead-in-smart-clothing>
24. Appleglass (2022) <https://www.nextpit.com/device/apple-glass>
25. smart robots (2016) <https://internetofbusiness.com/eu-vote-manufacturing-robots/>
26. Zac Estrada (2017) <https://www.theverge.com/2017/8/30/16226514/smart-vision-eq-electric-future-car2go>
27. Sencor (2022) <https://www.sencor.com/smart-uhd-television/sle-55us800tcsb>
28. Reidy S (2020) <https://arviam.com/a-smart-container-or-smart-device-for-containers-what-fulfill-your-organizations-need-for-real-time-cargo-monitoring/>

29. Tseng MM, Jiao RJ, Wang C (2010) Design for mass personalization. *CIRP Ann - Manuf Technol* 59:175–178. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2010.03.097>
30. Zawadzki P, Zywicki K (2016) Smart product design and production control for effective mass customization in the industry 4.0 concept. *Manag Prod Eng Rev* 7:105–112. <https://doi.org/10.1515/mper-2016-0030>
31. Huikkola T, Kohtamäki M, Ylimäki J (2022) Becoming a smart solution provider: Reconfiguring a product manufacturer’s strategic capabilities and processes to facilitate business model innovation. *Technovation*. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102498>
32. Basten, Twan Hamberg, Roelof Reckers, Frans Verriet J (2013) *Model-Based Design of Adaptive Embedded Systems*. Springer New York
33. Savarino P, Abramovici M, Göbel JC, Gebus P (2018) Design for reconfiguration as fundamental aspect of smart products. *Procedia CIRP* 70:374–379. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.01.007>

Capitolul 8 Influența factorilor pentru utilizarea și acceptarea componentelor electronice integrate în produsele textile

David Gómez, AEI Tèxtils, Corporate Development, carrer Sant Pau nº6, Terrassa, Barcelona.

Introducere

Un textil inteligent este un material textil funcțional care reacționează activ la mediu și răspunde activ și automat la inputurile primite din mediu. Aceste textile reacționează la stimuli externi (lumină, temperatură, umiditate, presiune etc.) și pot comunica cu alte dispozitive, pentru a transmite energia, pentru a se transforma în alte materiale și pentru a proteja purtătorul de pericolele mediului. Textilele inteligente aduc funcții produselor finale și sunt utilizate în sectoare cu valoare adăugată ridicată, cum ar fi industria medicală, auto și aeronautică, echipamentele individuale de protecție, sport, construcții și design interior. Componentele electronice integrate în produsele textile deschid o gamă nesfârșită de aplicații în multe domenii, având un potențial enorm de a ne face viața mai bună și mai ușoară. În timp ce unii au dispozitive electronice integrate în țesături, alții au prezintă electronice flexibile printate pe textile, așa cum vom vedea în prototipul de mai jos.

Textilele inteligente sunt produse relativ noi în industria textilă. Chiar dacă aceste textile au un viitor promițător, ele nu sunt scutite de provocări. Integrarea materialelor electronice în firele de bază ale textilelor inteligente este foarte complicată din punct de vedere tehnic și necesită încă cercetări. Este posibil ca multe companii să nu aibă infrastructura pentru a produce aceste textile și le este necesară reprogramarea proceselor de producție. Costurile ridicate de producție reprezintă probabil o barieră de intrare pentru multe companii mici-medii.

Domeniul de aplicare al textilelor inteligente abordate aici se referă la produsele pe bază de textile cu componente electronice încorporate, indiferent dacă aceste componente sunt fire conductive sau senzori. Aceste tipuri de produse sunt importante și reprezintă o oportunitate pentru sectorul textil de a evolua și de a intra în domeniul produselor inteligente.

Există exemple de produse textile inteligente, multe încă sub formă de prototip sau prototip avansat. De exemplu, o uniformă de pompier echipată cu un senzor care detectează ritmul cardiac și care poate trimite aceste date de la distanță sau un lucrător care poartă un costum care poate detecta postura incorectă emitând un semnal de avertizare. Aspectul care este important în aceste exemple este serviciul cu valoare adăugată care poate completa produsul, care în multe cazuri poate sta la baza unui nou model de afaceri.

Aceasta este oportunitatea pentru sectorul textil și de îmbrăcăminte de a se extinde în alte domenii de afaceri și de a atrage oameni cu abilități și competențe diferite, cum ar fi electronica și informatica.

Factori de influență pentru utilizarea și acceptarea componentelor electronice integrate în produse textile

Smart-horse-riding este un bun exemplu al factorilor de influență pentru utilizare și acceptabilitate a componentelor electronice integrate în produsele textile.

Componenta inteligentă se încadrează în strategia portofoliului de produse POLISILK de diversificare a utilizării finale a țesăturilor către produse cu valoare adăugată mai mare care integrează electronice flexibile.

Această inițiativă inovatoare constă într-o componentă de suport inteligent pentru piața de echitație și dresaj (o disciplină ecvestră). Acest nou produs integrează electronice flexibile prin fire conductive, imprimate și senzori de presiune în paduri (plasati între cal și șa). O aplicație virtuală dezvoltată monitorizează mai multe puncte de presiune generate de călăreț.

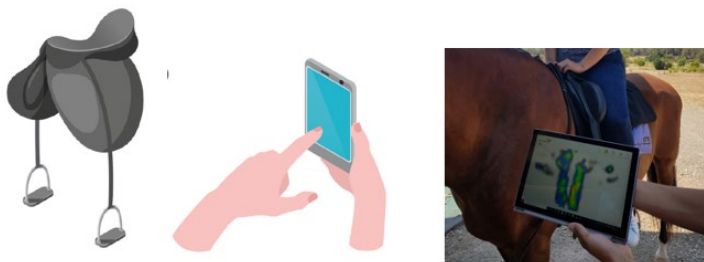


Figure 8. 1 - Produs inteligent pentru echitație

În continuare, se evidențiază aspectele importante pentru produsul Smart-horse-riding:

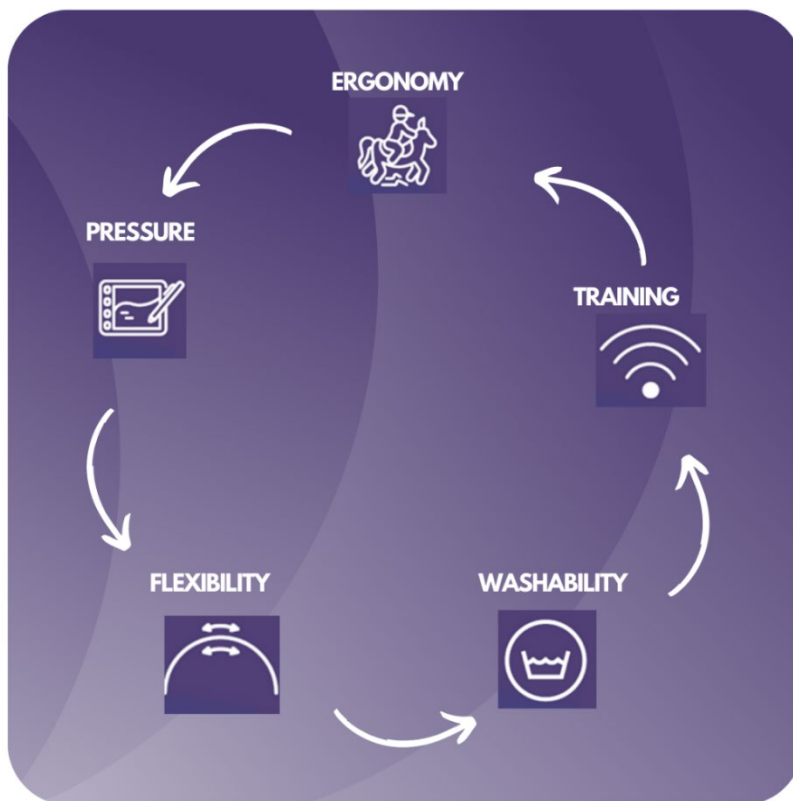


Figura 8.2 – Etape pentru produsul inteligent pentru echitație

1. Forma sa ergonomică ajută la evitarea rănilor din cauza ajustării necorespunzătoare a șei.
2. Cu ajutorul conectivității Wi-Fi, smart-horse-riding trimite în timp real date culese pentru îmbunătățirea performanței în timpul antrenamentului.
3. Lavabilitate: țesăturile de protecție sunt rezistente, pot fi îndepărtate și spălate într-o mașină de spălat.
4. Având o flexibilitate tip semi-pad, asigură o alungire de 10% a semi-padului prevenind deteriorarea senzorilor. De asemenea, permite dinamica călăriei, precum și o durabilitate mai mare.
5. Are hărți de presiune foarte precise. Numărul foarte mare de senzori (+500) care monitorizează punctele de presiune excesivă, este optim pentru antrenament și prevenirea rănilor cailor și călăreților.

Concluzii

Prototipul Smart-horse-riding arată cum sunt implementate firele conductive pentru integrarea senzorilor și a altor dispozitive electronice care integrează țesături textile. Este un bun exemplu pentru a vedea cum componentele electronice integrate în produsele textile deschid o gamă largă de utilizări în multe domenii.

Este compus dintr-o componentă inteligentă pentru piața de dresaj. Acest prototip avansat are integrate electronice flexibile prin fire conductoare imprimate și senzori de presiune într-o jumătate de pad, iar diferitele puncte de presiune generate de poziția călărețului pe cal sunt vizualizate printr-o aplicație personalizată dezvoltată în timpul etapei de prototip. Echitația inteligentă oferă o propunere de valoare ridicată pentru utilizatori.

Bibliografie

1. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 6th 2022. Available online: <https://smarte.es/smartees2-application-experiments/>
2. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), "POLISILK presents its first SMART-HORSE-RIDING prototype", September 6th 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/polisilk-presents-its-first-smart-horse-riding-prototype-4/>
3. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), "CONTEXT organizes a webinar to present funding opportunities and success stories for the development of smart textiles", September 6th 2022. Available online: <https://www.context-cost.eu/2021/04/06/context-organizes-a-webinar-to-present-funding-opportunities-and-success-stories-for-the-development-of-smart-textiles/>

Capitolul 9 Confort senzorial inteligent – analiza obiectivă și subiectivă a textilelor inteligente

Md. Reazuddin Repon, Daiva Mikucioniene, Kaunas University of Technology, Studentų 56, LT-51424, Kaunas, Lithuania

Rezumat

Confortul este o caracteristică esențială a țesăturilor inteligente pentru a maximiza eficiența lor practică. Utilizarea textilelor inteligente a crescut datorită progresului funcționalității electronice pentru o varietate de aplicații. Textilele inteligente reprezintă încă provocări pentru confortul în timpul purtării. Îmbrăcămintea confortabilă este o cerință de bază pentru articolele pe bază de textile care intră în contact intim cu pielea. Acest capitol a oferit o scurtă prezentare generală a analizei subiective și obiective utilizate pentru a evalua confortul senzorial al textilelor inteligente. Motivația cerinței evaluării senzoriale pentru textilele inteligente a fost enunțată.

Introducere

Toată lumea are nevoie de îmbrăcăminte pentru a-și acoperi corpul și a-l proteja de factorii de mediu dificili. Deși îmbrăcămintea de astăzi funcționează ca protecție, adaugă funcționalitate suplimentară și este utilizată pentru monitorizarea sănătății, sprijin în evenimente sportive și fiind canal de comunicare datorită cerințelor diverse ale omului [1, 2]. Textilele inteligente se dezvoltă rapid dar și cerințele cresc, exitând nemulțumiri legate de utilizare datorită masei ridicate și rigidității. Ele pot exercita presiune pe corp în creștere, ceea ce poate fi inconfortabil. Textilele inteligente au capacitatea de a-și modifica comportamentul obișnuit ca răspuns la semnale de mediu, cum ar fi caracteristicile la diversi stimuli [3].

Modificarea poate fi influențată de surse mecanice, termice, electrice, chimice sau alte surse externe. Deși au avansat cu mult, dispozitivele electronice portabile sunt încă la început și nu sunt produse la scară largă. Una dintre cauze poate fi datorată problemelor de confort. Cu toate acestea, spre deosebire de cercetarea privind inovarea și promovarea tehnologiei portabile, domeniul cercetării privind evaluarea confortului textilelor inteligente nu se extinde la fel de repede. Cea mai mare parte a cercetării în domeniul electronicii portabile se concentrează pe anumite subiecte, cum ar fi senzori, dispozitive de acționare și platforme electronice de partajare datelor medicale. Utilizatorul este mai preocupat de avantajele textilelor inteligente decât de confortul utilizării [4].

Cea mai importantă caracteristică a materialelor care intră în contact direct cu pielea este confortul. Există trei tipuri de confort vestimentar: senzorial, psihologic și termofiziologic. În timp ce confortul psihologic înseamnă să fii în pace cu tine însuși, confortul termofiziologic se referă la echilibrul termic al corpului pe parcursul diferitelor niveluri de efort. Capacitatea unei țesături de a gestiona senzațiile de atingere, umezeală, presiune și căldură este cunoscută sub numele de confort senzorial [5, 6]. Dacă procesul de fabricație a textilelor inteligente nu este constrâns și gestionat clar, confortul purtătorului poate fi compromis. Impactul asupra confortului țesăturii în timpul purtării nu poate fi ignorat, deoarece funcționalitatea poate fi adăugată mecanic (prin țesere, de exemplu), chimic (prin imprimare, de exemplu) sau ambele [2, 7]. Este un adevăr că integrarea materialelor sau proceselor ar putea afecta starea de bine a utilizatorului. Când atingem țesătura, putem experimenta un confort senzorial, cum ar fi moliciune, rigiditate, netezime, rugozitate și înțepături. Mâncărimea și înțepătura indică durere și disconfort. Senzațiile termice precum căldura, răcoarea, respirabilitatea și frigul pot fi simțite și la atingere în același mod. Se poate discuta analiza obiectivă și subiectivă a confortului senzorial pentru textilele inteligente..

Factori de confort senzorial

Proprietățile fibrei afectează proprietățile firului și hand-ul și, în consecință, țesătura. În ceea ce privește confortul senzorial al țesăturii finale, toate aceste calități sunt interdependente. Vopsirea, finisarea și toți ceilalți parametri de prelucrare afectează, de asemenea, confortul senzorial [8], [9], [10]. Componentele cheie ale produselor textile care pot modifica semnificativ senzația țesăturii sunt enumerate în Figura 9.1.

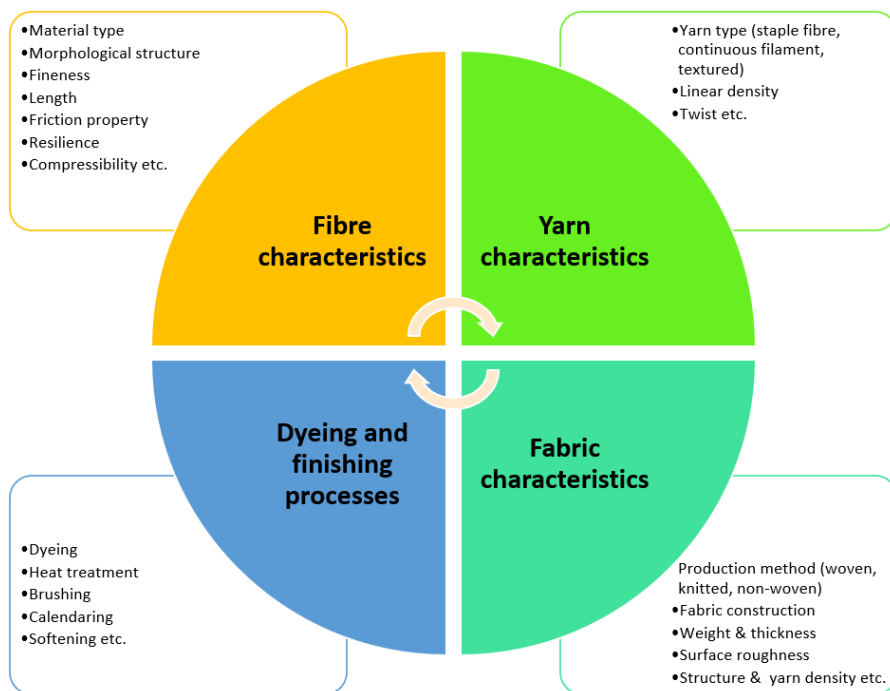


Figura 9.1. Factori de confort sensorial în produsele textile

Evaluarea obiectivă a confortului senzorial

Procedurile obiective bazate pe echipamente oferă posibilitatea de consistență și reproductibilitate a rezultatelor, care sunt dificil de realizat folosind tehnici subiective. Măsurătorile conductivității termice, rezistenței termice, difuziei termice și permeabilitatea relativă la vapori de apă au fost utilizate pentru a prezice caracteristicile de confort ale țesăturilor funcționale. Măsurare confortului prin utilizarea unor instrumente obiective a fost previziunea confortului termic, care a fost posibilă prin măsurarea proprietăților termice legate de țesăturile funcționale [11].

Sistemul de evaluare Kawabata (KES) a fost introdus pentru a determina confortul senzorial al produsului textil, împreună cu proprietățile mecanice cu tensiuni scăzute, cum ar fi proprietățile de tracțiune, forfecare, încovoiere, compresie, grosime, greutate, suprafață și proprietăți de frecare [12]. Netezimea este cel mai important element al hand-ului. Astfel, atunci când se evaluează textilele inteligente prin mijloace senzoriale, trebuie luată în considerare netezimea. Asigurarea țesăturilor prin testare simplă (FAST) [13] și metodele de testare a

atingerii țesăturilor (FTT) [14] au fost, de asemenea, realizate pentru a măsura eficient hand-ul produsului pe bază din material textil. Diferite metode de evaluare obiectivă a confortului textil sunt indicate în Figura 9.2.

Într-un studiu, s-a constatat că imprimarea are un impact semnificativ asupra confortului îmbrăcămintei. Autorii au examinat modul în care percepțiile asupra confortului îmbrăcămintei de către participanții umani au fost afectate de model și culoare, utilizând un grup descriptiv antrenat de experți [15]. Într-un alt studiu, s-a descoperit că finisarea ar putea afecta negativ hand-ul produselor textile. Folosind metodologiile KES, autorii au analizat modul în care finisarea a afectat caracteristicile țesăturii supuse la solicitari mecanice. Ei au descoperit că procesul de finisare a avut un impact semnificativ asupra capacității țesăturii de a se îndoi. Acest lucru a demonstrat o legătură între calitățile mecanice cu stres scăzut și hand-ul țesăturilor [16].

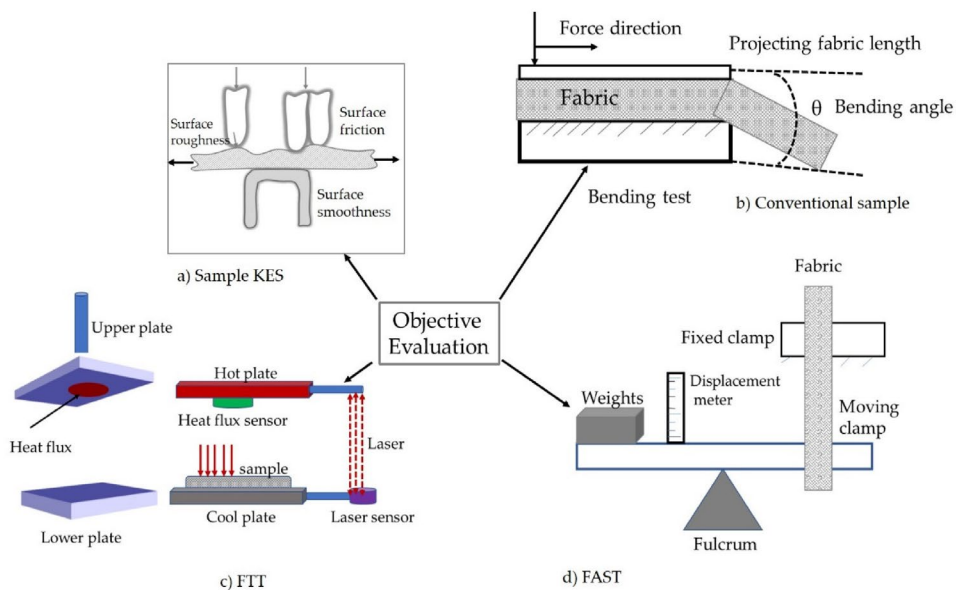


Figura 9.2. Sisteme pentru evaluarea obiectivă a confortului țesăturii. (a) KES [13], (b) măsurarea îndoirii vs. confort [7], (c) FTT [17]), și (d) FAST [18].

Yoo și colab. au explorat modul în care circumstanțele utilizării finale și caracteristicile termofiziologice și senzoriale ale îmbrăcămintei de protecție rezistente la căldură au afectat răspunsul la confort al purtătorului. Materialele pentru îmbrăcămintea de protecție, rezistente la căldură, au conținut variat de fibre, calități ale firelor, tipuri de țesături și finisaje funcționale care sunt evaluate

pentru capacitățile lor termofiziologice și senzoriale. Calități senzoriale măsurate sunt derivate din proprietățile mecanice, de suprafață și de gestionare a umidității țesăturii. Rezultatele analizei de aderență umedă, a zonei de contact și a rugozității suprafeței demonstrează că firele mai moi, fibrele mai fine și țesăturile twill produc țesături vizibil mai netede [19]. Confortul senzorial al îmbrăcăminte funcționale de protecție, potrivit unor cercetători, poate fi influențat în mare măsură de rezistența țesăturii, care are și un impact asupra proprietății de suprafață a țesăturii [20].

Dispozitivul haptic PhilaU, utilizat pentru a oferi un răspuns la atingere/simțire, testerul de rigiditate Shirley și dispozitivele de măsurare a drapajului pentru draperii și sisteme robotizate sunt utilizate pentru a analiza calitățile de confort senzorial. Au fost create și validate mai multe modele pentru determinarea calităților hand-ului folosind astfel de abordări obiective [21]. Metoda Handfeel Spectrum Descriptive Analysis (HSDA) face posibilă compararea caracteristicilor senzoriale ale țesăturilor într-un mod practic. Abordarea HSDA, care este utilizată în uniforme militare din SUA, Marea Britanie, Canada și Australia, a fost folosită pentru cercetarea a 13 țesături pentru a analiza simțul senzorial al mâinii [22].

Evaluarea subiectivă a confortului senzorial

Piața textilelor electronice purtabile caută inovații pentru a îmbunătăți satisfacția utilizatorilor în utilizarea în continuare a textilelor funcționale pentru calitatea vieții. Dar ușurința de a purta haine are un impact asupra cât de des sunt folosite textile funcționale. Prin urmare, evaluarea confortului este un prim pas crucial. O alternativă la măsurarea obiectivă a confortului în textilele funcționale este evaluarea subiectivă. Dezvoltarea mai multor fraze senzoriale pentru a evalua confortul textilelor funcționale poate fi folosită pentru a studia sentimentele subiective ale oamenilor [16]. Pentru a evalua confortul textilelor funcționale folosind metodologii vizuale, au fost concepute cuvinte senzoriale specifice legate de contactul țesăturii cu pielea, iar rezultatele au arătat că evaluarea subiectivă poate fi o alternativă viabilă. Figura 9.3 demonstrează evaluarea subiectivă a confortului senzorial.


Găsirea unei corelații între măsurătorile obiective pentru a examina evaluarea statistică necesită conversia rezultatelor evaluării subiective în valori numerice. În consecință, se recomandă utilizarea scalei și timpului pentru evaluarea senzorială menționate în tabelul 9.1.




Tabel 9.1. Scala și timpul pentru evaluarea senzorială [1], [23].

Atribut senzorial	Scală			Timp(s)
Grosimea/subțirimea	1	5	10	15
	Cel mai subțire	mediu	Cel mai gros	
Elasticitate/rigiditate	1	5	10	20
	Cel mai flexibil	mediu	Cel mai rigid	
Rugozitate/netezime	1	5	10	15
	Cel mai neted	mediu	Cel mai dur	
Hand total	1	3	5	15
	Nu este potrivit	mediu	Cel mai potrivit	

Ani de expertiză sunt necesari pentru evaluarea subiectivă a mâinii, care poate fi, de asemenea, clar influențată de propriile preferințe ale evaluatorului. Un suprafață textilă se poate simți ca fiind netedă, grea, aspră, neclară sau moale. De asemenea, se poate simți ușor, blând, moale. Prin urmare, este necesar să se înlocuiască evaluarea subiectivă a țesăturii de către expert cu o abordare obiectivă bazată pe mașini, care va produce constatări consistente și repetabile.

Tabel 9.2. Tehnica hand-ului (Moody et al. 2001).

Tehnica hand-ului	Imagine	Proprietăți evaluate
Atingere material		Calitatea suprafeței (textură), temperatură

Actiune de strangere rotativă		Rigiditate, greutate, temperatură, confort, textura generală, șifonare
Actiune de rotire între 2 degete cu o singură mână (degetul mare și 1 sau 2 degete)		Textura, rigiditatea, temperatura, tesatura structura, ambele fețe ale unei țesături, frecare, întindere
Actiune de rotație cu două mâini		Intindere, forfecare

Concluzii

Cercetătorii se concentrează pe evaluarea confortului senzorial pentru a evalua performanța în timpul purtării. Confortul produselor poate fi evaluat subiectiv de către specialiști în domeniu sau evaluat obiectiv prin evaluarea caracteristicilor mecanice cu diferite instrumente. Pentru a integra datele subiective și obiective au fost utilizate modele matematice bazate pe software. În domeniul științei confortului, se preconizează că sistemele inteligente vor continua să fie folosite în integrarea cunoștințelor umane și a datelor instrumentale. Unii algoritmi sofisticati ar putea înlocui în cele din urmă tehnicile convenționale de modelare a confortului pentru produsele textile. Studiile viitoare se vor concentra probabil pe utilizarea diferitelor metode inteligente de calcul cum ar fi modelarea inteligentă a confortului textil.

Bibliografie

1. Sular V, Okur A (2007) Sensory evaluation methods for tactile properties of fabrics. J Sens Stud 22:1–16. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2007.00090.x>.

2. Barker RL (2002) From fabric hand to thermal comfort: The evolving role of objective measurements in explaining human comfort response to textiles. *Int J Cloth Sci Technol* 14:181–200. <https://doi.org/10.1108/09556220210437158>.
3. Tadesse MG, Harpa R, Chen Y, et al (2019) Assessing the comfort of functional fabrics for smart clothing using subjective evaluation. *J Ind Text* 48:1310–1326. <https://doi.org/10.1177/1528083718764906>.
4. Tao X (2001) Smart technology for textiles and clothing – introduction and overview. In: Tao X (ed) *Smart Fibres, Fabrics and Clothing: Fundamentals and Applications*. Woodhead Publishing, pp 1–6.
5. Aliouche D, Viallter P (2000) Mechanical and Tactile Compression of Fabrics: Influence on Handle. *Text Res J* 70:939–944. <https://doi.org/10.1177/004051750007001101>.
6. Bakar BA (2004) Subjective and objective evaluation of fabric handle characteristics. The University of Leeds.
7. Deng YM, Wang SF, Wang SJ (2016) Study on antibacterial and comfort performances of cotton fabric finished by chitosan-silver for intimate apparel. *Fibers Polym* 17:1384–1390. <https://doi.org/10.1007/s12221-016-6277-2>.
8. Behery HM (2005) Effect of Mechanical and Physical Properties on Fabric Hand.
9. Shanmugasundaram OL (2008) Objective Measurement Techniques for Fabrics. *Asian Text J* 17:63–67.
10. Özçelik Kayseri G, Özdil N, Megüç GS (2012) Sensorial Comfort of Textile Materials. In: *Woven Fabrics*. pp 235–240.
11. Crina B, Blaga M, Luminita V, Mishra R (2013) Comfort properties of functional weft knitted spacer fabrics. *Tekst ve Konfeksiyon* 23:220–227.
12. Kawabata S (2005) The Standardization and Analysis of Hand Evaluation. In: Behery HM (ed) *Effect of Mechanical and Physical Properties on Fabric Hand*. Woodhead Publishing, pp 389–443.
13. Namligöz ES, Bahtiyari MI, Körlü AE, Çoban S (2008) Evaluation of finishing processes for linen fabrics using the Kawabata evaluation system. *J Test Eval* 36:384–391. <https://doi.org/10.1520/jte101461>.
14. Hu JY, Hes L, Li Y, et al (2006) Fabric Touch Tester: Integrated evaluation of thermal-mechanical sensory properties of polymeric materials. *Polym Test* 25:1081–1090. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2006.07.008>.
15. Robinson KJ, Chambers E, Gatewood BM (1997) Influence of Pattern Design and Fabric Type on the Hand Characteristics of Pigment Prints. *Text Res J* 67:837–845. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177%2F004051759706701108>.
16. Tadesse MG, Nagy L, Nierstrasz V, et al (2018) Low-stress mechanical property study of various functional fabrics for tactile property evaluation. *Materials (Basel)* 11:. <https://doi.org/10.3390/ma11122466>.
17. Musa A BH, B M, S V, Langenhove L V (2018) Practical Considerations of the FTT Device for Fabric Comfort Evaluation. *J Fash Technol Text Eng* s4:1–4. <https://doi.org/10.4172/2329-9568.s4-003>.

18. Tokmak O, Berkalp OB, Gersak J (2010) Investigation of the mechanics and performance of woven fabrics using objective evaluation techniques. part I: The relationship between FAST, KES-F and cusick's drape-meter parameters. *Fibres Text East Eur* 79:55–59.
19. Yoo S, Barker RL (2005) Comfort Properties of Heat-Resistant Protective Workwear in Varying Conditions of Physical Activity and Environment. Part I: Thermophysical and Sensorial Properties of Fabrics. *Text Res J* 75:523–530. <https://doi.org/10.1177/0040517505053949>.
20. Nawaz N, Troynikov O, Watson C (2011) Evaluation of surface characteristics of fabrics suitable for skin layer of firefighters' protective clothing. *Phys Procedia* 22:478–486. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2011.11.074>.
21. Wang H, Mahar TJ, Hall R (2012) Prediction of the handle characteristics of lightweight next-to-skin knitted fabrics using a fabric extraction technique. *J Text Inst* 103:691–697. <https://doi.org/10.1080/00405000.2011.602230>.
22. Cardello AV (2008) The sensory properties and comfort of military fabrics and clothing. In: *Military Textiles*. Woodhead Publishing, Cambridge, pp 71–106.
23. Sülar V, Okur A (2008) Objective Evaluation of Fabric Handle by Simple Measurement Methods. *Text Res J* 78:856–868. <https://doi.org/10.1177/0040517508090785>.
24. Moody W, Morgan R, Dillon P, et al (2001) Factors Underlying Fabric Perception. 1st Eurohaptics Conf Proc 1–10.
25. Yick KL, Cheng KPS, How YL (1995) Subjective and objective evaluation of men's shirting fabrics. *Int J Cloth Sci Technol* 7:17–29. <https://doi.org/10.1108/09556229510094832>.

Capitol 10 Etica și cerințele pentru senzorii și actuatorii inteligenți integrați în produsele textile

David Gómez, AEI Tèxtils, Corporate Development, carrer Sant Pau nº6, Terrassa, Barcelona.

Rezumat

Etica legată de textilele inteligente are încă multe de rezolvat. Etica, înțeleasă ca modul în care aplicațiile noi și inteligente pe care le oferă textilele inteligente gestionează datele, este un subiect sensibil pentru că majoritatea acestor aplicații gestionează nu numai datele personale și private ale persoanei care utilizează dispozitivul wearable, ci și datele fiziologice, mai ales când vorbim de echipamente de protecție inteligentă.

În plus, nu numai gestionarea datelor este un factor cheie de luat în considerare în garantarea unei utilizări în siguranță a textilelor inteligente, ci și problemele de siguranță legate direct de sănătatea și/sau daunele potențiale asupra sănătății pe care un purtabil le-ar putea genera oamenilor.

Această lucrare încearcă să explice modul în care atât datele, cât și aspectele fizice ale dispozitivului purtabile sunt factori cruciali de care trebuie să avem grijă atunci când folosim produse textile inteligente pentru a asigura siguranța acestora în toate mediile, nu numai atunci când este utilizat, ci și ulterior. În special, lucrarea se concentrează pe reglementarea privind protecția datelor din Uniunea Europeană și pe unele teorii și cazuri practice despre securitatea fizică și etică.

Regulamentul UE pentru protecția datelor – GDPR

Regulamentului general privind protecția datelor (GDPR) adoptată de Uniunea Europeană (UE) este principala și cea mai înaltă normă privind protecția și gestionarea datelor pe care trebuie să o respecte întregii membri ai UE. Nu este o problemă superficială, întrucât Carta drepturilor fundamentale a UE stabilește că toți cetățenii UE au dreptul de a-și păstra datele personale protejate [1].

Această directivă a fost aprobată în 2016 și nu încearcă doar să protejeze datele menționate, ci și să stabilească aceleași standarde de protecție a datelor pentru toți membrii UE și cetățenii acestora.

În acest domeniu, datele devin deosebit de importante dacă vorbim de date fiziologice și de sănătate - care este cea abordată în această lucrare, deoarece este strict legată de textilele inteligente și purtabile electronice.

Dacă vorbim despre Statele Unite ale Americii (SUA), reglementările privind confidențialitatea fac obiectul legii HIPAA. Și în ambele cazuri, UE și SUA, aceste norme vizează prevenirea scandalurilor de utilizare abuzivă a datelor, atenuarea impactului scurgerilor de date și să aprobe reglementările legale privind confidențialitatea cu un cadru comun [3]. Cu toate acestea, o reglementare la nivel mondial cu privire la această problemă nu a fost niciodată convenită [5].

Aceste informații sunt aplicate în domeniul textilelor inteligente în mai multe aspecte legate de relația utilizatorului cu electronicele. Este implementat de la acceptarea politicii de confidențialitate într-un web site până în domeniul textilelor inteligente..

Aspecte privind siguranța datelor

În acest ultim caz și, având în vedere că unele date sunt considerate ca fiind foarte sensibile, trebuie concepute și implementate unele mecanisme de prevenire. Acestea ar minimiza sau nu atacurile cibernetice sau alte tipuri de amenințări din partea actorilor externi. Încrederea acestor mecanisme este un factor cheie pentru a menține protejate aceste date sensibile.

De exemplu, monitorizarea metricilor - și dacă acestea sunt anormale sau nu - poate facilita detectarea calității serviciului și dacă acesta este atacat și datele sunt amenințate.

Factorul de autentificare pentru accesarea datelor (printr-un dispozitiv sau un smart wearable) a devenit în ultimii ani un element determinant. Această autentificare merge de la elemente clasice, cum ar fi o parolă, cu și cerințe clasice, cum ar fi evitarea celor simple, până la încorporarea de elemente noi precum cele de posesie (carduri) și acces biometric.

În acest sens, trasabilitatea este un alt factor de luat în considerare. Aceasta înseamnă capacitatea de a detecta, amprenta atacatorului odată ce atacul a fost făcut și în modul în care este posibil, de a determina de unde provine, identitatea, scopurile și, în general, cantitatea maximă posibilă de informații utile care ajută să repare prejudiciul în cazul în care ulterior are loc o anchetă.

Mai mult, este important de subliniat că vulnerabilitatea datelor poate apărea în mai multe momente în care acestea sunt gestionate, de la generarea lor în timp real, până la transferul sau stocarea acestora. Din acest motiv, elementele și

acțiunile preventive menționate trebuie concepute și pregătite pentru a evita amenințările în oricare dintre aceste etape.

Tabel 10.1. Clasificarea soluțiilor de securitate în sistemele inteligente de sănătate [4]

Type	Solution	Actor	TCP/IP Layer	Requirements Protected
Secure communications	Lightweight cryptography	Nodes Communications HIS	Network interface	Confidentiality Integrity Non-repudiation Authentication
	Key management	Nodes HIS	Network interface	Confidentiality Authentication
Always-on systems	Secure routing	Communications	Network	Availability
	DDoS countermeasures	Nodes Communications HIS	Network	Availability
Trust management	Authentication protocols	Nodes HIS	Transport Application	Authentication Confidentiality Privacy
	Access control mechanisms	HIS	Application	Authentication Confidentiality Privacy
	Intrusion detection systems	Communications HIS	Network Transport Application	Confidentiality Integrity Availability Authentication Privacy
	Traceability of digital evidence	HIS	Application	Integrity
Data protection	Privacy protection models	HIS	Application	Privacy
	Awareness programmes	Users	-	Privacy

Tehnologii pentru textilele conductive și siguranță

Un alt aspect despre care trebuie să menționăm este domeniul siguranței și în cazul textilelor inteligente este referitoare la siguranța unui material textil cu proprietăți conductive.

Senzorii nu pot afecta pielea și la fel pentru sănătatea și siguranța umană. Din punct de vedere al funcționalității și al utilizatorului, senzorii și actuatorii ar trebui să fie fiabile, altfel utilizatorii lor nu se pot baza pe alarmele și alertele date de la APP sau alte dispozitive.

Pentru a produce o fire cu proprietăți conductive, există două metode comune principale:

-Trefilarea Conform lui A. Angelucci, et al., trefilarea este un proces mecanic care transformă materia primă în microfilamente aplicând forțe cu mașini industriale. După realizare, microfilamentul este încălzit la o temperatură ridicată de 600–900°C pentru a-și restabili proprietățile mecanice și electrice. Ulterior, firul este răcit și înfășurat pe un cilindru rotativ. Cele mai utilizate metale pentru acest proces sunt cuprul, argintul, bronzul, oțelul și cuprul placat cu argint [4].

-Tratarea suprafețelor. Acoperirea constă în aplicarea de metale sau polimeri conductivi pe suprafața unui substrat nemetalic pentru a-l face conductiv. Substratul poate fi fie o fibră, un fir sau o țesătură. Diferitele tehnici utilizate pentru fabricarea fibrelor conductive sunt pulverizarea, polimerizarea chimică, electroplacarea și acoperirea prin imersare [3].

Aspectul important în acest moment este că ambele metode ajung să creeze textile conductive sigure pentru testarea senzorilor ce urmează a fi utilizați. În acest fel, putem fi siguri că dispozitivele electrice devin sigure și produsul poate fi utilizat.



Figura 10.1. Tehnici de fabricare a textilelor conductive: tricotare, țesere, brodare; tratamente de acoperire; imprimare [3]

Cazuri practice

Un exemplu de prototip recent dezvoltat care a fost proiectat urmând liniile directoare GDPR este proiectul SmartWorkwear [5]. CP Aluart a confecționat un prototip care integrează mai mulți senzori capabili să monitorizeze parametrii biomedicali ai purtătorului. În acest caz, senzorii testați și validați sunt integrați într-o cămașă funcțională.

În special, colectează date despre temperatură, umiditate, ritm cardiac și alte date legate de sănătate care sunt considerate sensibile și care pot preveni, în acest caz, lucrătorului un risc legat de mediu, cum ar fi leșinul, de exemplu.



Figura 10.2 Imbrăcăminte de lucru inteligentă [5]

Concluzii

În ultimele decenii, generarea de date cu caracter personal a crescut odată cu implementarea și extinderea virtualizării și a internetului. În domeniul sănătății, informațiile sunt sensibile și susceptibile de a fi furate și utilizate în scopuri necinstite. Deci, devine esențial să fie păstrate în siguranță.

Până în prezent, această nevoie a fost abordată de UE și SUA prin crearea unui cadru general pentru fiecare teritoriu. Cu toate că ele nu sunt în contrast nu a implementat pe scară largă un astfel de regulament.

În plus, mai multe aspecte trebuie luate în considerare cu privire la securitatea utilizatorului. Primul aspect se referă la securitatea cibernetică unde vor fi necesare îmbunătățiri continue pentru a face față evoluției și adaptării conexiunilor virtuale, la cele fizice, care trebuie să garanteze că dispozitivele electronice adăugate în orice purtabil sunt sigure pentru utilizator.

Bibliografie

1. EUR-Lex, Access to European Union Law. Document 12012P/TXT, "Charter of Fundamental Rights of the European Union". September 15th. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:12012P/TXT>.
2. European Commission, Data protection in the EU, "The General Data Protection Regulation (GDPR), the Data Protection Law Enforcement Directive and other rules concerning the protection of personal data". September 15th. Available online: https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/data-protection-eu_en.
3. Batista, M.; Moncusi, A.M.; López-Aguilar, P.; Martínez-Ballesté, A.; Solanas, A. Sensors for Context-Aware Smart Healthcare: A Security Perspective. *Sensors* 2021, 21, 6886. <https://doi.org/10.3390/s21206886>.
4. Angelucci, A.; Cavicchioli, M.; Cintorrino, I.A.; Lauricella, G.; Rossi, C.; Strati, S.; Aliverti, A. Smart Textiles and Sensorized Garments for Physiological Monitoring: A Review of Available Solutions and Techniques. *Sensors* 2021, 21, 814. <https://doi.org/10.3390/s21030814>.
5. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 15th, 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/c-p-aluart-presents-its-smart-textile-prototype-for-personal-protection/>

Capitolul 11 Stimularea inovației pentru senzori inteligenți, dactuatori, dispozitive portabile prin co-proiectare și co-dezvoltare

David Gómez, AEI Tèxtils, Corporate Development, carrer Sant Pau nº6, Terrassa, Barcelona.

Rezumat

Activitatea clusterului în domeniul stimulării inovării este determinantă. Clusterelor consiliază companiile în parcursul lor pentru a-și descoperi și exploata capacitățile, direcția strategică și pentru a-și reduce punctele slabe. În prezent, aceste obiective sunt direct aliniate cu transformarea și actualizarea industriei textile din secolul XX până în secolul XXI. Mai exact, această îmbunătățire se referă la doi piloni cheie ai inovației (printre alții) sustenabilitatea și digitalizarea.

De asemenea, clusterelor abordează aceste obiective acționând ca un ecosistem optim pentru interacțiunea companiilor, facilitând simbioza, schimbul de experiență și încrederea între ele.

Câteva exemple de astfel de activități de facilitare sunt colaborarea între companii sau simpla participare - fiecare în parte - la mai multe programe pentru dezvoltarea de noi produse sau creșterea performanțelor companiilor și fabricilor din cadrul clusterelor.

De asemenea, unele programe de finanțare sunt direcționate către mai multe companii pentru a găsi o modalitate de a introduce într-un produs existent o aplicație inteligentă sau direct pentru a proiecta un produs nou care provine din ideile companiilor.

În multe cazuri, rezultatul acestor inițiative conduse de clusterelor ajung să producă noi produse și noi aplicații care implică senzori, actuatori și multe alte forme de inovație pe piață.

Această lucrare încearcă să explice experiența particulară a Clusterului Catalan de Materiale Textile Avansate, AEI Tèxtils și a inițiativelor de inovare ale companiilor lor, ca exemplu pentru a ilustra modul în care un cluster stimulează inovarea și modul în care acesta și companiile sale acționează ca un ecosistem facilitator pentru co-designul și co-dezvoltarea inovației în domeniul textil.

Introducere

AEI Tèxtils, Clusterul Catalan de Materiale Textile Avansate, a consiliat unele dintre companiile membre în ultimii ani ca să dezvolte proiecte care să fie prezentate la mai multe apeluri „dedicate să ajute companiile inovatoare să-și digitalizeze afacerile datorită testării electronicelor flexibile și purtabile, experimentării și suportului pentru producție [1].

Clusterul își sprijină în mod regulat companiile în ceea ce privește preconsilierea și evaluarea proiectelor lor inovatoare înainte de a fi trimise la apelul de evaluare.

În special, a fost activ în două tipuri de programe de finanțare care stimulează inovația în rândul companiilor și susțin economic dezvoltarea de produse precum actuatori, senzori și purtabile în general: programul SMARTEES [2] și proiectul GALACTICA [3].

Este de subliniat că rata de succes a unei astfel de activități este foarte importantă, deoarece la ultimul apel de propuneri SMARTEES au fost acceptați trei membri pentru a-și dezvolta proiectele.

SMARTEES

SMARTEES este un proiect care deschide apeluri pentru depunerea de propuneri pentru a „ajuta companiile inovatoare să-și digitalizeze afacerile datorită testării, experimentării și suportului producției pentru electronice flexibile și purtabile (FWE). A fost finanțat prin programul Orizont 2020 al Uniunii Europene și a permis dezvoltarea mai multor proiecte inovatoare în sectorul textil.

Proiectul se concentrează pe „Tehnologii electronice flexibile și purtabile” și „este unul dintre Huburile de inovare digitală (DIH) format din IMM-uri, industrii mari, start-up-uri, cercetători, acceleratori și investitori”.

Printre obiectivele sale, putem regăsi scopul de a a) ajuta companiile din UE în digitalizarea afacerilor lor, b) de a sprijini companiile din UE în testarea și experimentarea prototipurilor înainte de a decide să investească în acestea și să lanseze un nou produs și c) să creeze un centru de inovare digitală care să acționeze ca o rețea care stimulează digitalizarea în rândul părților interesate din UE.

Ultima ediție a acestui program s-a desfășurat în perioada 2020-2022 și, după cum este deja menționat, unele companii membre ale clusterului au fost beneficiari iar

proiectele lor au fost evaluate ca fiind extrem de competitive și inovatoare. De asemenea, în edițiile anterioare au existat granturi pentru industria catalană.

Arpe [3] este compania care a dezvoltat primul exemplu de wearable co-proiectat pe care clusterul îl va oferi. În fața dificultăților generate de pandemia COVID-19 și a provocărilor evidente privind procesul de spălare a măștilor reutilizabile (neapărat să fie spălate la temperaturi ridicate și necesitand un consum mare de apă), Arpe a dezvoltat masca Smart-Facemask [4].

Această mască a fost realizată pe bază de fire conductive care adaugă interconexiuni electrice în interior pentru a permite autoîncălzirea pentru a elimina potențiala prezență a virusului.



Figura 11.1. Explicație infografică a conceptului Smart-Facemask

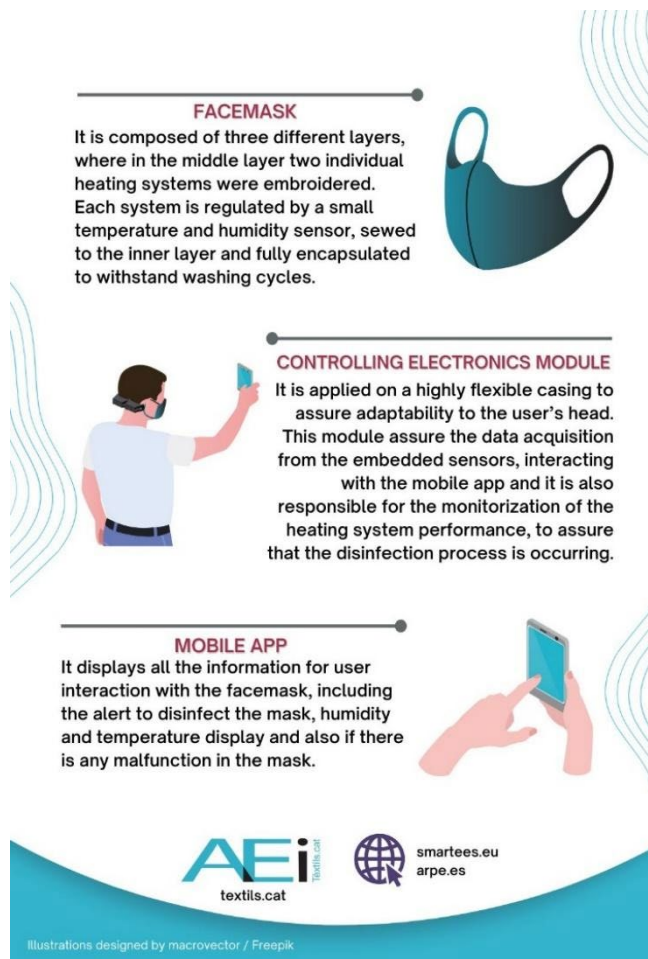


Figura 11.2. Explicație infografică a conceptului Smart-Facemask

Polisilk [5], în proiectul său, a propus să dezvoltarea unui prototip numit Smart-horse-riding [6].

Acest concept constă într-o integrare inteligentă pentru piata achitației din cadrul disciplinei ecvestre. „Acest produs este compus din electronice flexibile integrate prin fire conductive imprimate și senzori de presiune integrați într-o pătură material (pătură poziționată sub șaua calului). Diferitele puncte de presiune generate de poziția călărețului pe cal sunt vizualizate printr-o aplicație personalizată dezvoltată în timpul etapei de prototip”.

Aceste inovații adăugate unui produs clasic permit noi avantaje legate de ergonomie, prevenind posibilele răniri ale călărețului și ale spatelui calului în timpul antrenamentului, permițând monitorizarea în timp real a unor date pentru îmbunătățirea performanței utilizatorului; datorită lavabilității, permițând spălarea produsului într-o mașină de spălat convențională.

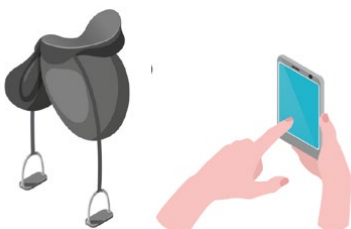


Figura 11.3 Extragerea datelor in conceptul echitației inteligente



Figura 11.4 Performanța reală a sistemului de echitație inteligentă

În cele din urmă, C.P. Aluart [7] a dezvoltat o altă idee care vizează condițiile de muncă. Utilizand senzori multipli și flexibili integrați într-un ansamblu vestimentar convențional al lucrătorului, compania a prototipat o îmbrăcăminte inteligentă care vine în contact cu pielea și măsoară parametrii fiziologici ai utilizatorului în timp real.

În acest mod, este posibilă monitorizarea condițiilor la care lucrătorul este supus afară (temperature, umiditate) și determinarea riscurilor posibile la care lucrătorul este probabil să fie supus, cum ar fi oboseală sau insolății.

Numele acestui produs este SMART-WORKWEAR [8].



Figura 11.5 Imbrăcăminte de lucru inteligentă

Proiectul Galactica

Proiectul Galactica este un proiect finanțat prin programul Orizont 2020, din Uniunea Europeană, care are ca scop sprijinirea IMM-urilor prin mecanisme de sprijin financiar în principal - în afară de altele - pentru inovare. În special acele sunt sprijinite acele proiecte care implementează dinamica intersectorială în domeniile textil, aerospațial și dezvoltarea producției.

Potrivit Clusterului, „GALACTICA este un proiect strategic cheie al AEI Tèxtils pentru promovarea inovației tehnologice și a noilor modele de afaceri ca motor de creștere și competitivitate a IMM-urilor din sector. Acesta servește la promovarea cooperării

între parteneri și cu alte sisteme inovatoare, cum ar fi industria aerospațială și producția materialelor avansate. Abordarea sa puternică intersectorială permite generarea de oportunități de afaceri și inovare intersectorială, promovând cooperarea transversală pentru a dezvolta aplicații și piețe noi [9].

Prin această inițiativă și susținută de sprijinul clusterului, cinci companii membre au reușit să obțină un grant care le-a ajutat să își finanțeze ideile și prototipurile inovatoare. Acestea sunt Cinpasa [10], E.Cima [11], Texfire [12], Maccion [13], Fello [14] și Triturats la Canya [15].

Printre altele, companiile menționate mai sus au dezvoltat de la un sistem textil de răcire activ pentru a preveni stresul termic la lucrătorii în aer liber [16] la o bandă care transmite date pentru industria aeronautică [17] sau o bandă textilă inteligentă cu fibră optică integrată care oferă precizie și flexibilitate mai mare pentru aplicațiile destinate monitorizării structurale a structurilor aeronautice compozite [18].

Concluzii

Stimularea inovației și crearea capacității de co-design și co-dezvoltare nu este ușoară.

Desigur, companiile își pot conduce propriile proiecte, dar studierea, proiectarea, testarea prototipul și lansarea unui nou produs pe piață nu este doar o sarcină care necesită mult timp, ci necesită și sume mari de bani.

Companiile din industria textilă sunt mai mult decât capabile să conducă această revoluție pe paradigma inovației, dar este necesar să se creeze mediul potrivit pentru a atinge un obiectiv atât de ambițios.

Pentru a face acest lucru, cooperarea și consilierea în cadrul sectorului este esențială, iar existența unor linii de finanțare este determinantă, întrucât un grup restrâns de companii și-ar putea permite investigații atât de costisitoare pentru a dezvolta produse noi și inovatoare.

Prin această finanțare economică și un rol bun jucat de clustere, dezvoltarea inovației este mai largă și mai profundă decât dacă acești factori nu ar exista sau nu ar funcționa corespunzător.

Bibliografie

1. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 15th 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/aei-textils-members-to-start-innovative-projects-enabled-by-the-cluster-support/>
2. Smartees project, September 19th,2022. Available online: <https://smartees.eu/>
3. Galactica project, September 16th,2022. Available online: <https://galacticaproject.eu/>
4. ARPE company. September 16th,2022. Available online: <https://arpe.es/en>
5. Twitter post. Consulted on September 19th, 2022. Available online: <https://twitter.com/SmartEEsEU/status/1485564863590064129> .
6. Polisilk company. September 16th,2022. Available online: <https://www.polisilk.com/home>
7. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 15th, 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/polisilk-presents-its-first-smart-horse-riding-prototype-4/>
8. C.P. Aluart company. September 16th,2022. Available online: <https://cpaluart.com/en/cpaluart-sl/>
9. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 15th, 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/c-p-aluart-presents-its-smart-textile-prototype-for-personal-protection/>
10. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 15th, 2022. Available online: <https://www.textils.cat/en/5-members-of-aei-textils-awarded-180ke-in-funding-from-the-2nd-call-of-galactica-for-their-innovation-projects/>
11. Cinpasa company. September 16th,2022. Available online: <https://cinpasa.com/>
12. E. Cima company. September 16th,2022. Available online: <https://ecima.com/en/>
13. Texfire company. September 16th,2022. Available online: <https://texfire.net/es/>
14. Maccion company. September 16th,2022. Available online: <https://www.maccion.com/>
15. Fello company. September 16th,2022. Available online: <https://fellospportswear.com/>
16. Triturats la Canya company. September 16th,2022. Available online: <http://trituratslacanya.com/>
17. Galactica project, September 16th,2022. Available online: <https://galacticaproject.eu/orbital-beneficiaries/>
18. Galactica project, September 16th,2022. Available online: <https://galacticaproject.eu/pioneer-beneficiaries/>

Capitolul 12 Metode creative pentru co-designul produselor textile inteligente

Farima Daniela, Iovan Dragomir Alina, Bodoga Alexandra, Gheorghe Asachi Technical University, Romania

Introducere

Co-designul este un proces. Posibilitatea de a aborda procesul de codesign în mai multe moduri creează oportunitatea de a folosi diferite metode, principii și modele. Toate acestea pot fi aplicate diferitelor persoane. Nu există o abordare unică, dar există modele și principii care pot fi aplicate în moduri diferite cu diferite persoane.

Elementele de interdependență ale co-proiectării sunt: producția, livrarea, proiectarea, evaluarea, planificarea (figura 12.5). Co-designul se referă la creativitatea colectivă a designerilor colaboratori.

Locul co-proiectării în procesul de proiectare este prezentat în figura 12.1 [5].

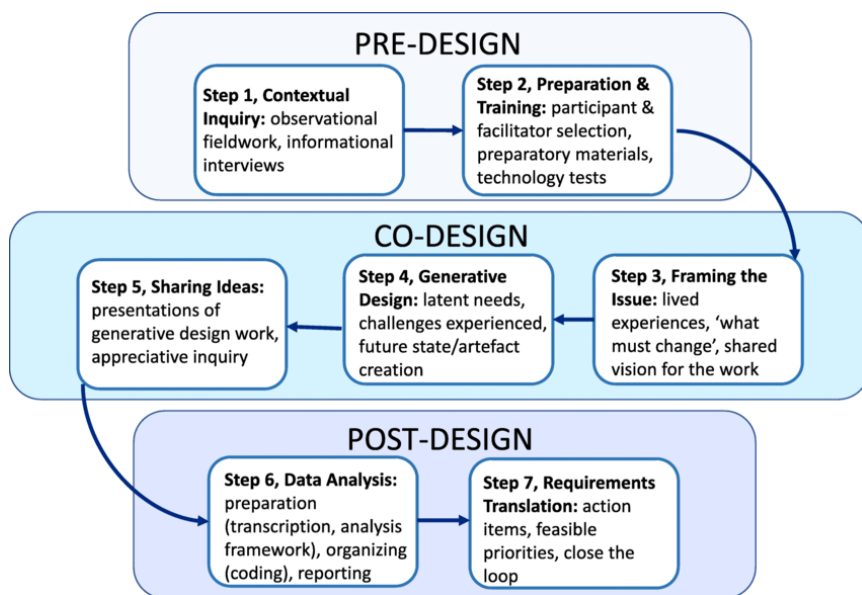


Figura 12.1 Locul co-designului în procesul de design

Din figura 12.1 se poate observa că există trei niveluri în procesul de proiectare:

1.pre-proiectare care conține doi pași: cercetarea contextuală – pregătire și instruire;

2.co-design care conține trei pași: împărtășirea ideilor, design generativ și încadrarea problemei;

3.post-proiectare care conține doi pași: analiza datelor și traducerea cerințelor.

Co-design-ul este ca un puzzle format din două piese: utilizatori și designeri (figura 12.2). Când cele două piese se potrivesc perfect, rezultatul este co-design.

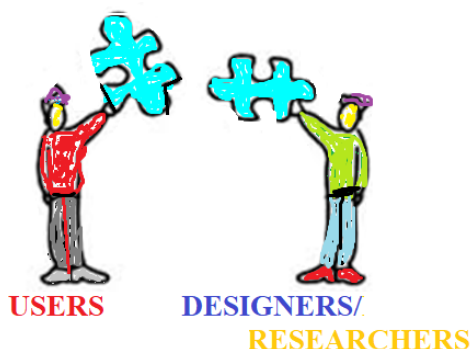


Figura 12.2 Colaborarea dintre utilizatori și designeri

Diferența dintre co-design și design clasic sunt prezentate în figura 12.3 [4].

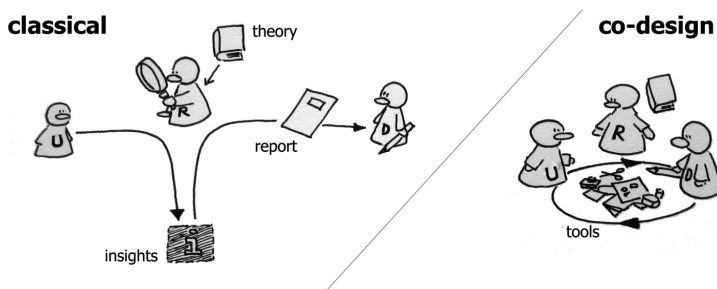


Figura 12.3 Comparații între co-design și design clasic

Componentele procesului de co-proiectare sunt prezentate în figura 12.4.

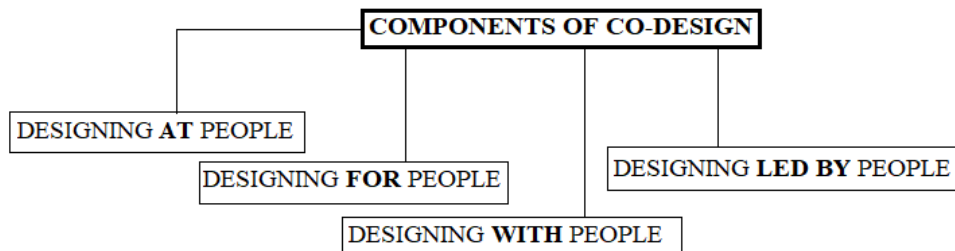


Figura 12.4 Componentele co-designului

În timp ce în cadrul designului clasic, cercetătorul este ca un traducător între „utilizatori” și designer, în co-design, cercetătorul (care poate fi designer) este un facilitator.

Metode creative pentru co-design

Metodele creative de co-proiectare sunt prezentate în figura 12.5 [3].

1. Designul participativ, ca metodă creativă de co-proiectare, constă în implicarea activă în procesul de proiectare a tuturor celor care sunt implicați în acest proces. (figura 12.5) [3].

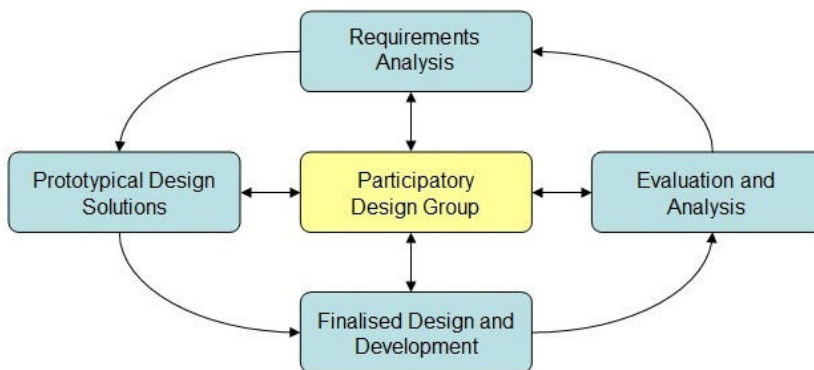


Figura 12.5 Clasificarea metodelor creative pentru co-design

2. Posibilitățile de aplicare a metodei de proiectare în parteneriat cu utilizatorii [1] sunt prezentate în figura 12.6.

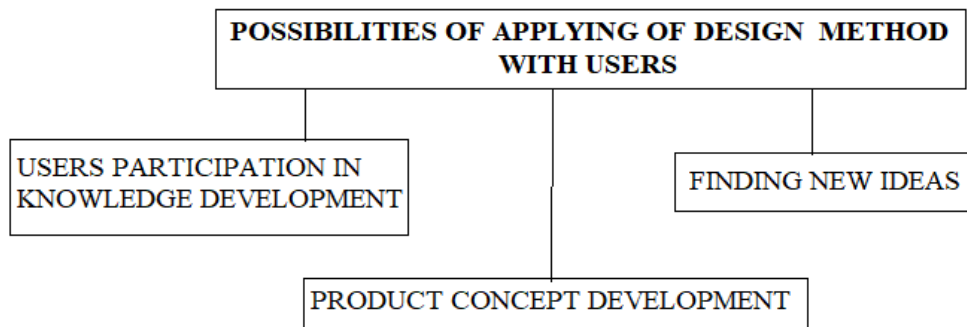


Figura 12.6 Metoda de proiectare cu utilizatorii finali

3. Conținutul metodei de cercetare autorefecție [1] și posibilitatea de aplicare sunt prezentate în figura 12.7.

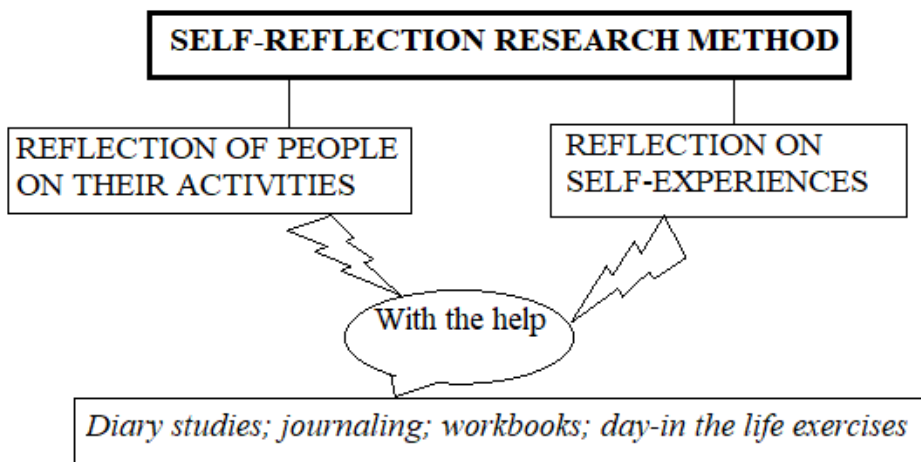


Figura 12.7 Metoda de cercetare bazața pe reflecție

Principiile pentru co-proiectare sunt prezentate sugestiv în figura 12.8.

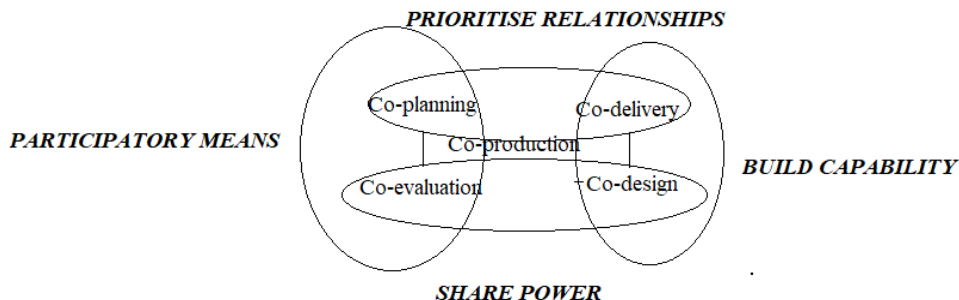


Figura 12.8 Principiile co-designului

Materiale textile pentru îmbrăcăminte inteligentă

Atunci când pentru obținerea de îmbrăcăminte inteligentă se aplică metode creative de co-design, trebuie să se cunoască materialele textile (figura 12.9) [6] din structura acestora.

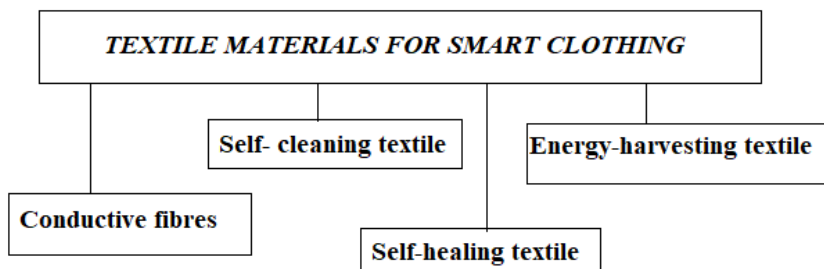


Figura 12.9 Principalele materiale textile pentru îmbrăcăminte inteligentă

Prin folosirea fibrelor cu o capacitate conductivă mare se pot obține efecte antistatice, EMI, IR de absorbție [2].

Materialele textile autocurățabile (cupru 3D, nanostructură de argint) prin mecanismul lor (nanostructuri, excitarea atomilor de metal de către lumină) sunt utilizate pentru obținerea cămășilor, jachetelor, etc. [2].

În medicină și nu numai, se pot folosi materiale textile auto-vindecătoare (pe bază de cerneală magnetică, pulbere de carbon), care au capacitatea de a elibera încet agentul de vindecare.

Funcțiile textilelor inteligente sunt prezentate în figura 12.10 [2].



Figura 12.10 Funcțiile materialelor textile

Textilele inteligente necesită noi tehnologii, noi fibre și noi textile.

Concluzii

În prezent, datorită dezvoltării societății umane, accentul se pune pe apariția de noi textile inteligente (dezvoltare în tehnologii textile, prin noi materiale, nanotehnologie și electronică) pentru îmbrăcămintea inteligentă, ceea ce va duce la creșterea calității vieții. Deci, textilele din generația următoare sunt textile inteligente. Dar principala cerință a îmbrăcămintei inteligente rămâne confortul la purtarea îmbrăcămintei.

Bibliografie

1. <https://uxmag.com/articles/creativity-based-research-the-process-of-co-designing-with-users>
2. Dilan Canan Çelikel, *Smart E-Textile Materials*, <https://www.intechopen.com/chapters/73836>, Submitted: November 18th, 2019 Reviewed: April 9th, 2020 Published: October 30th, 2020
3. DOI: 10.5772/intechopen.92439

4. <https://www.researchgate.net/publication/281901079> Evaluating the Role of Prior Experience in Inclusive Design/
5. <https://www.google.com/search?q=The+difference+of+codesign+and+classical+design&tbm>
6. <https://www.google.com/search?q=design%2C+pre-design+and++co-design+&tbm>
7. <https://www.google.com/search?q=smart%20textile%20product.images&tbm=isch&tbis=ring>:

Capitolul 13 Co-designul senzorilor inteligenți și integrarea în produse EIP pentru armată

Farima Daniela, Iovan Dragomir Alina, Bodoga Alexandra, Gheorghe Asachi
Technical University, Romania

Introducere

Pentru un soldat capacitățile fiziologice și fizice sunt foarte importante pentru activitățile desfășurate. Din acest motiv, aceste capacități trebuie monitorizate, folosind sisteme portabile și haine inteligente [1].

Principalele cerințe ale îmbrăcăminte inteligente [2] sunt prezentate în figura 13.1.

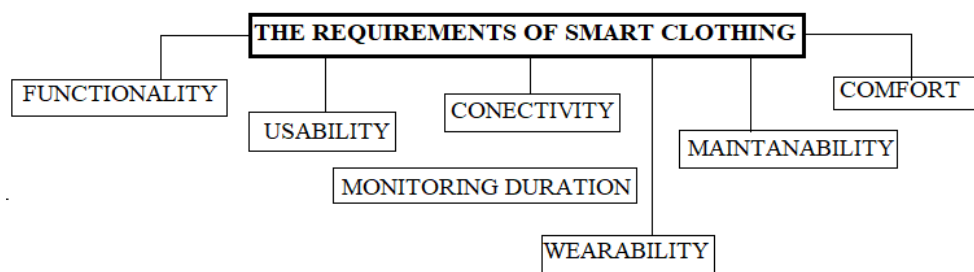


Figura 13.1 Cerintele imbracaminte inteligente

Figura 13.1 prezintă cerințele privind confortul îmbrăcăminte inteligente. Aceste cerințe sunt foarte importante în utilizarea tehnologiilor de monitorizare a sistemelor portabile [3].

Sistemele portabile interacționează fizic, fiziologic și funcțional cu corpul uman.

Cele două domenii implicate în proiectarea unei haine inteligente sunt prezentate în figura 13.2) [1].

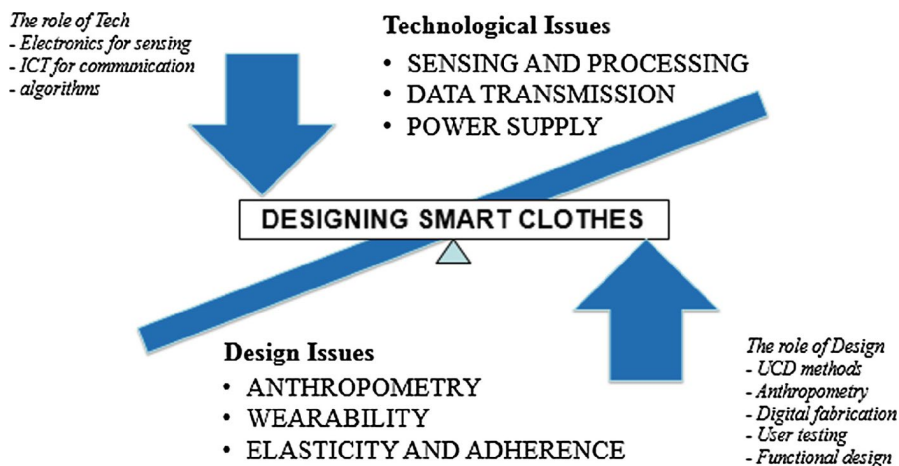


Figure 13.2 Designul imbracamintei inteligente

Pentru ca procesul de proiectare să funcționeze fără probleme, mai întâi trebuie să cunoaștem cerințele purtătorului [1] (Figura 13.3) [4].



Figure 13.3 Elementele procesului de design

Senzori de deformare

Deformarea (mecanica sau termica) se datoreaza unei forte, atunci cand lungimea unui element se modifica relativ (alungire sau compresie).

De exemplu, deformația mecanică este măsurată cu ajutorul unor senzori, care înregistrează indirect forța de deformare [5].

Din figura 13.4 se poate observa că tulpina poate fi: pozitivă și negativă [5].

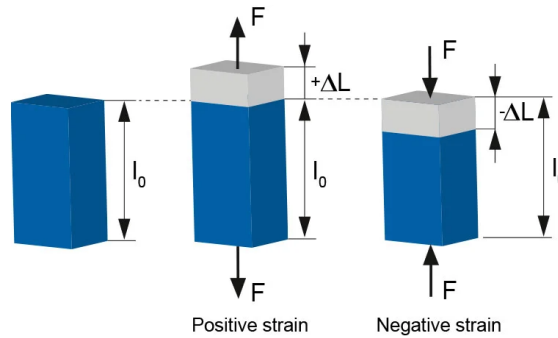


Figure 13.4 Tipuri de deformare

Măsurarea forței cu senzori de deformare este prezentată în figura 13.5 [5].

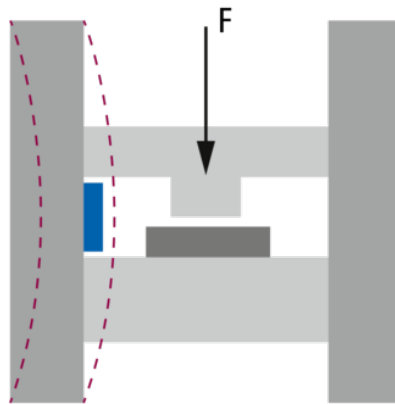


Figure 13.5 Indirect force measurement with strain sensors

Tipurile de senzori de deformare sunt prezentate în figurile 13.6, 13.7, 13.8, 13.9 [4].



Figura 13.6 Senzor de deformare miniaturizat



Figura 13.7 Senzorului de deformare de performanță



Figura 13.8 Senzor standard de deformare



Figura 13.9 Senzor robust pentru mediul exterior dur

Deoarece acest tip de senzor de deformare este aplicat într-un spațiu limitat, acesta va fi utilizat pentru medii industriale dure, precum și un senzor pasiv cu plug-in (figura 13.6).

Caracteristicile performanței senzorului de deformare (figura 13.7) [5] sunt:

- optimizarea pentru intervale de masura mici si mari;
- electronica amplificatorului integrat pentru aplicatie specifica
- aplicatie industriala in interior.

În EIP-ul militar există o multitudine complexă și diferită de tipuri de senzori (figura 13.10) [6,7].



Figura 13.10 Echipament military EIP

Concluzii

Co-proiectarea senzorilor inteligenți și integrarea în produsele EIP militare, presupune cunoașterea cerințelor domeniului purtării EIP militar și confortul resimțit de purtători.

Bibliografie

- 1.Sofia Scataglini, Giuseppe Andreoni, and Johan Gallant, *Smart Clothing Design Issues in Military Applications*, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2019
T. Ahram (Ed.): AHFE 2018, AISC 795, pp. 1–11, 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94619-1_15
2. Gilsoo, C.: *Smart Clothing: Technology and Applications*. CRC Press, Boca Raton (2009)

3. Tharion, W.J., Buller, M.J., Karis, A.J., Muller, S.P.: Acceptability of a wearable vital sign detection system. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society (2007)
4. <https://www.baumer.com/ch/en/service-support/function-principle/function-of-strain-sensors/a/function-strain-sensors>
5. <https://www.baumer.com/ch/en/service-support/function-principle/function-of-strain-sensors/a/function-strain-sensors>
6. <https://safety.army.mil/ON-DUTY/Workplace/Personal-Protective-Equipment>
7. G. Shaw, A.M. Siegel, T. Opar, *Warfighter physiological and Environmental Monitoring: A Study for the U.S. Army Research Institute in Environmental Medicine and the Soldier Systems Center*, Computer Science

Capitolul 14 Co-designul actuatorilor pe bază de materiale senzoriale

Farima Daniela, Iovan Dragomir Alina, Bodoga Alexandra, Gheorghe Asachi”
Technical University, Romania

Introducere

Pentru a crea materiale cu performante sporite se folosesc materiale senzoriale. Pentru identificarea materialelor este necesară și evaluarea senzorială, împreună cu specificațiile tehnice ale acestora (rezistență, caracteristici de performanță, flexibilitate, elasticitate, confort) [1].

Clasificarea senzațiilor este prezentată în figura 14.1.

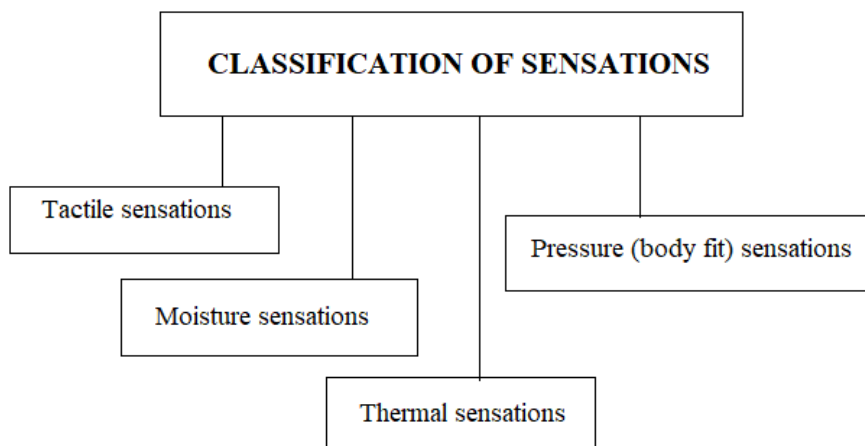


Figura 14.1 Clasificarea senzațiilor

Principali factori care influențează confortul senzorial al țesăturilor sunt:

- Caracteristicile fibrei;
- Caracteristicile firului;
- Caracteristicile țesăturii;
- Procesele de finisare, metodele și tipurile de vopsire.

Pentru a obține materiale textile cu diferite caracteristici de confort senzorial, este necesar să se aleaga, în primul rând, natura materiilor prime.

Confortul senzorial al unui material textil poate fi îmbunătățit prin aplicarea unor tratamente chimice. Prin aceste tratamente se reduce frecarea fibră-fibră, obținându-se un material cu o textură deosebită [1].

Tipul de fir (fir simplu, filament continuu, texturat, răsucit, densitatea liniară) este foarte important pentru capacitatea senzorială a țesăturilor.

Proprietățile de încovoiere, rigiditate și forfecare sunt influențate de gradul de răsucire al firelor [2].

Factorii care influențează confortul senzorial sunt prezentați în figura 14.2.

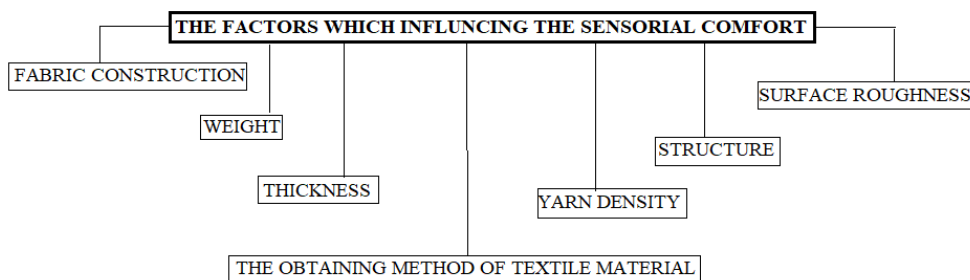


Figure 14.2 Factorii care influenteaza confortul senzorial

Pentru reducerea coeficientului de frecare statică și dinamică se aplică tratamente de înmuiere și rigidizare.

Proprietățile materialelor textile care influențează confortul senzorial

Confortul senzorial al materialelor textile este influențat de proprietățile lor de suprafață (textura) și de proprietățile lor mecanice (figura 14.3, figura 14.4).

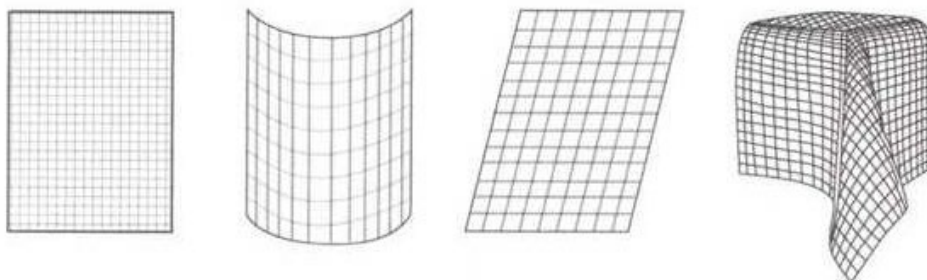


Figura 14.3 Deformarea materialului (Hu, 2004)

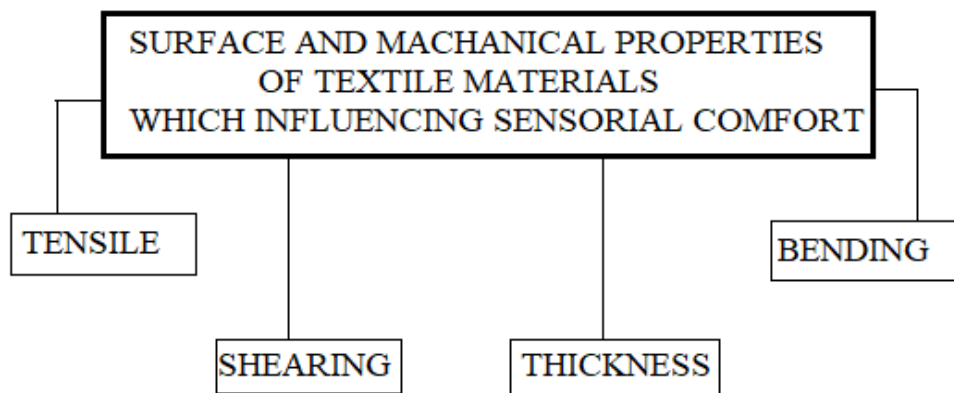


Figura 14.4 Proprietati mecanice si de suprafata care influenteaza confortul sensorial

Proprietățile de tracțiune ale țesăturilor

Întinderea (tracțiunea) este cea mai important, deoarece indiferent de tipul de deformare, va provoca o anumită mișcare a fibrelor și a firelor (Hu, 2004) [1].

În timpul întinderii țesăturii, există trei etape:

1. Frecarea dintre fibre;
2. Orientarea firului în sensul de aplicare a sarcinii;
3. Curba de extensie a sarcinii datorată prelungirii firului (figura 14.5) [4].

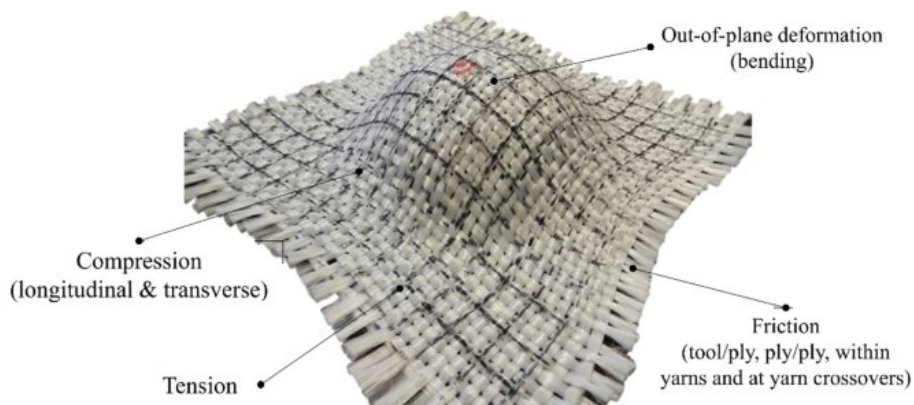


Figura 14.5 Proprietati mecanice ale tesaturilor

Proprietățile de îndoire ale unei țesături (rigiditatea la încovoiere și histerezis la încovoiere) sunt determinate de tipul de fire și de tratamentul de finisare al țesăturii (Schwartz, 2008).

Rigiditatea la încovoiere este definită de rezistența materialului textil la flexie (Pavlinić & Geršak, 2003).

Proprietățile de forfecare a țesăturii

Proprietățile de forfecare influențează capacitatea de drapare, flexibilitatea și manipularea țesăturilor (Schwartz, 2008).

În timpul purtării îmbrăcăminte, din cauza mișcărilor corpului, are loc deformarea prin forfecare (Hu, 2004).

Grosimea și compresia țesăturilor

Principalul factor care influențează compresia este structura țesăturii (Mukhopadyhay și colab., 2002).

La purtarea hainelor, grosimea unei țesături oferă informații despre izolatia termică, greutatea sau rigiditatea acesteia.

Confortul senzorial pentru materialele textile

Există multe caracteristici senzoriale ale țesăturilor (tabelul 1).

Tabel 14.1 Atribute senzoriale ale materialelor

Stiffness/crispness/pliability/flexibility/limpness	Anti-drape/spread/fullness
Softness/harshness/hardness	Tensile deformation/ bending/surface friction/sheer
Thickness/bulkiness/sheerness/thinness	Compressibility
Weight/heaviness/lightness	Snugness/loosenes
Warmth/coolness/coldness (thermal characteristics)	Clinginess/flowing
Dampness/dryness/wetness/clamminess	Quietness/noisiness
Prickliness/scratchiness/roughness/coarseness/itch iness/tickliness/stickiness/	Smoothness/fineness/silkiness
Looseness/tightness	

În funcție de tipul de caracteristică, metodele de evaluare sunt abordări obiective sau subiective.

Concluzii

Materialele senzoriale se caracterizează prin capacitatea lor de autodetecție și răspuns activ. Datorita capacităților adaptative și senzoriale, aceste materiale vor fi folosite din ce în ce mai mult pentru a obține produse vestimentare multifuncționale.

Pentru a descrie hand-ul din material textil poate folosi următorii termeni [Standard ASTM D123 (2003)]:

- flexibilitatea se referă la ușurința de îndoire;
- densitatea descrie masa/unitatea de volum;
- compresibilitatea constă în ușurința la presare;
- suprafața se caracterizează prin rezistența la alunecare;
- conturul suprafeței – divergența suprafeței față de planul țesăturii;
- caracterul termic care este definit de diferența aparentă de temperatură între țesătura și pielea.

Cunoașterea fundamentală a relațiilor dintre structura și proprietățile acestor materiale este cheia succesului în obținerea de noi produse multifuncționale.

Bibliografie

1. Gonca Özçelik Kayseri, Nilgün Özdil and Gamze Süpüren Mengüç, *Sensorial Comfort of Textile Materials*, <https://www.intechopen.com/chapters/36908>
2. Shanmugasundaram, 2008.
3. Namligöz et al, 2008.
4. Reza Sourki, Bryn Crawford, Reza Vaziri, Abbas S. Milani, *Orientation Dependency and Hysteresis Nature of Inter-Ply Friction in Woven Fabrics*, *Applied Composite Materials* volume 28, pages113–127 (2021).

Capitolul 15: Legislația națională și Europeană pentru produsele inteligente, senzoriale și purtabile

Veronica Guagliumi, Ciape, Italy

Politici recomandate

Se pot face mai multe recomandări de politică bazate pe analiza factorilor și obstacolelor care pot contribui la crearea unui mediu de afaceri favorabil dezvoltării și adoptării tehnologiei purtabile. Antreprenorii care operează în domeniul tehnologiei purtabile ar putea beneficia de un cadru de reglementare care este mai potrivit nevoilor lor, în special în ceea ce privește preocupările legate de confidențialitate asociate cu colectarea și stocarea datelor cu caracter personal de către dispozitivele portabile [1].

În plus, îmbunătățirea reglementării costurilor de roaming de date mobile ar putea duce la utilizarea intensivă a tehnologiei purtabile. În cele din urmă, factorii de decizie politică ar putea încuraja integrarea tehnologiei purtabile în dispozitivele medicale pentru a promova dezvoltarea și adoptarea acesteia [2].

Adaptarea cadrului legislativ pentru tehnologia purtabilă (wearable)

Odată cu creșterea numărului de dispozitive personale, stocarea și confidențialitatea datelor devin din ce în ce mai importante. Cu toate acestea, cadrul de reglementare actual din Europa are parțial capacitatea de a gestiona problemele complexe de confidențialitate care pot apărea din aceste evoluții. Companiile și organizațiile publice pot stoca datele personale colectate de dispozitivele cu tehnologie purtabilă pe termen nelimitat în cloud pentru analiza modelului datelor clienților [3]. În timp ce companiile de asigurări de sănătate își răsplătesc participanții pentru utilizarea dispozitivelor cu tehnologie purtabilă care îmbunătățesc sănătatea, aceasta prezintă, de asemenea, oportunități pentru utilizarea greșită a datelor colectate. Directiva 95/46/CE privind protecția datelor cu caracter personal și portabilitatea acestora ar trebui reevaluată pentru a determina dacă datele colectate prin dispozitive purtabile sunt acoperite în mod adecvat de cadrul de reglementare actual. În plus, utilizarea tot mult a tehnologiei în timpul conducerii, inclusiv a smartphone-urilor și a ceasurilor inteligente, este o

cauza majoră a distragerii atenției șoferului și a accidentelor care pot fi prevenite [4]. Legile și reglementările trebuie revizuite pentru a include utilizarea dispozitivelor portabile în timpul conducerii, deoarece chiar și dispozitivele hands-free pot reduce capacitatea șoferului de a reacționa la situații dificile din timpul conducerii unui autovehicul.

Este probabil ca industria modei să fie afectată de noul cadru de reglementare al GDPR, deoarece dispozitivele portabile și îmbrăcămintea inteligentă câștigă și castiga importanță în anii următori. În timp ce unele probleme de protecție a datelor sunt comune în toate companiile și dispozitivele moderne, altele sunt unice pentru dispozitivele portabile. În special, gestionarea datelor masive ale clienților și lucrătorilor [5], colectate prin aceste dispozitive, profilarea și activitatea comercială care vizează rafinarea acestor date, vor fi o problemă majoră în viitor. Deși acest element nu este unic pentru industria modei, relația strânsă dintre date și individ va fi o trăsătură distinctivă a relației dintre modă și securitatea datelor. Pentru prima dată, îmbrăcămintea utilizatorului va servi și ca senzor, colectând o cantitate mare de date în timp real, care pot fi văzute ca intruzive și necesită reglementări legale. Sensibilitatea datelor trebuie luată în considerare, nu doar pentru valoarea lor comercială, ci și pentru asocierea lor strânsă cu individul. Dezvoltarea unei politici de securitate și confidențialitate special adaptată pentru industria modei devine din ce în ce mai importantă, așa cum este în alte sectoare precum bancar, asigurări, telecomunicații și guvern.

Accentul este pus pe implementarea unei politici care poate aborda în mod eficient încălcările securității datelor. Această politică ar presupune înțelegerea a ceea ce constituie o încălcare a datelor, inclusiv erorile interne sau punctele slabe care ar putea cauza răspândirea necontrolată a datelor.

Odată detectată o încălcare, este esențial să acționați rapid și să furnizați informații pentru a evalua gravitatea situației, permițând în același timp o comunicare transparentă cu autoritățile de reglementare și clienții. Limitarea daunelor este, de asemenea, critică, iar o soluție este utilizarea datelor anonime sau criptate. [6]

Este important să înțelegeți cum să gestionați datele în întreaga întreprindere, mai ales când vine vorba de analizarea comportamentului și preferințelor clienților în interacțiunile offline și online. Tehnologiile mobile sunt deosebit de relevante, deoarece datele colectate prin intermediul acestora pot fi integrate cu inteligența artificială pentru a oferi sfaturi personalizate. [7]

În timp ce multe case de modă angajează oameni de știință ai datelor pentru a analiza aceste date, este nevoie să se concentreze pe angajarea de profesioniști din domeniul juridic și al securității cibernetice. Provocarea este că anonimizarea adevărată este din ce în ce mai dificilă, deoarece tehnologiile purtabile colectează date intime legate de comportamentul și sănătatea cuiva, ceea ce o transformă într-un instrument fără precedent pentru potențialul publicitar [8].

Reglementarea costurilor de roaming

Pentru a crește utilizarea dispozitivelor purtabile având acces la date mobile, reducerea tarifelor de roaming în Uniunea Europeană (UE) și în alte părți ale lumii este esențială. Potrivit rapoartelor, furnizorii de rețele obțin profituri mari, cu marje de până la 90 la sută [9]. Pentru a rezolva această problemă, Comisia Europeană a implementat plafonul euro tarifului, care a condus la o reducere cu 80% a prețurilor pentru apelurile telefonice, SMS-urile și datele începând cu 2007. Parlamentul European a votat, de asemenea, pentru interzicerea completă a tarifelor de roaming de la din decembrie 2015 încoace [10]. În ciuda acestor măsuri, este nevoie de presiuni suplimentare asupra furnizorilor de telecomunicații pentru a ajusta tarifele globale de roaming.

Încurajarea integrării tehnologiei purtabile în dispozitivele medicale

Sistemele de sănătate din lumea întreagă se confruntă cu provocări semnificative din cauza costurilor și cererii în creștere, împreună cu progresele în tratarea afecțiunilor complexe. Ponderea în creștere a PIB-ului [2] alocată asistenței medicale este nu este sustenabilă, iar tehnologia purtabilă poate fi soluția cea mai viabilă pentru a aborda această provocare. Factorii de decizie pot promova integrarea tehnologiei purtabile în dispozitivele medicale, permițând antreprenorilor să treacă de la furnizarea de electronice de larg consum la dispozitive medicale reglementate care oferă date precise și pot fi integrate în dosarele electronice de sănătate ale pacienților [3]. Factorii de decizie pot, de asemenea, încuraja demonstrarea valorii tehnologiei purtabile în dispozitivele medicale pentru a convinge furnizorii de servicii medicale și asigurătorii de beneficiile pe care le oferă. Cu toate acestea, cadrul de reglementare trebuie să fie suficient de flexibil pentru a stimula inovația rapidă, salvând în același timp sănătatea publică, iar afirmațiile făcute de furnizorii de dispozitive purtabile sau dezvoltatorii de aplicații trebuie să fie examinate amănunțit, deoarece doar o mică

parte din aplicațiile care pretind că tratează sau vindecă probleme medicale au fost testate clinic sau aprobat [11].

Concluzii

Prima concluzie constă în faptul că este esențial să procesăm datele într-un mod care să păstreze anonimul. Al doilea aspect cheie este criptarea datelor, care este cel mai eficient instrument tehnologic pentru protejarea datelor colectate, în special atunci când comunicați cu companiile de modă prin intermediul dispozitivelor portabile. GDPR și alte standarde subliniază importanța protejării clienților care folosesc astfel de dispozitive. În plus, Allday identifică patru aspecte de interes care conectează dispozitivele portabile, cele mai bune practici de securitate cibernetică și GDPR. Primul este asigurarea faptului că membrii personalului sunt conștienți de ceea ce constituie o încălcare a drepturilor procesării datelor și cum să le prevină și să le raporteze [12]. A doilea este reprezentat de investiția în managementul relațiilor cu clienții pentru a oferi un serviciu de relații pentru clienții care au întrebări și pentru a menține implicarea. Încălcările utilizării datelor sunt considerate cea mai importantă amenințare la adresa datelor dispozitivelor portabile și este esențial să se ia măsuri pentru a le preveni.

Al treilea aspect discutat în acest context se referă la protejarea datelor consumatorului, lucru care este subliniat și în reglementările și cerințele GDPR. Este esențială transparența în relația cu clienții cu privire la drepturile lor, cum să solicitați mai multe informații și cum să le ștergeți datele. Transparența și onestitatea sunt esențiale pentru a păstra loialitatea clienților și pentru a le asigura siguranța pe internet, în special în lumina scandalurilor trecute, cum ar fi Cambridge Analytica și Facebook. De asemenea, este important să răspundeți prompt tuturor solicitărilor clienților privitoare la date, în special solicitărilor de eliminare a informațiilor. În cele din urmă, marketingul și publicitatea pe rețelele sociale ar trebui să se concentreze pe furnizarea de conținut personalizat care implică clienții individuali fără a le compromite datele sau a le exploata. Este important să echilibrăm nevoia de protecție a datelor cu nevoia de prelucrare a datelor.

Bibliografie

1. PwC, 2014, The Wearable Future, Consumer Intelligence Series, Available at: http://www.pwc.com/es_MX/mx/industrias/archivo/2014-11-pwc-the-wearable-future.pdf [Accessed on 20 December 2014].
2. MD+DI, 2015, Wearable Tech Regulated as Medical Devices Can Revolutionize Healthcare, Available at: [Wearable Tech Regulated as Medical Devices Can Revolutionize Healthcar \(mddionline.com\)](#)
3. Business Innovation Observatory case study 46 on Smart Health, ef. Ares (2015)4620622 - 27/10/2015: Diederik Verzijl & Kristina Derojeda, PwC Netherlands and Laurent Probst & Laurent Frideres, PwC Luxembourg.
4. Smartwatches are a bigger distraction to drivers than mobile phones - Pierre-Majorique Léger, HEC Montréal and Sylvain Senecal, RSC College of New Scholars, HEC Montréal May 19, 2021.
5. (Allery 2019) Allery, Charlotte 2019. Wearable Technology in the Workplace and Data Protection Law, retrieved from ComputerWeekly.com, February.
6. Ziccardi, G., 2020. Werable technologies and smart clothes in the fashion business: some issues concerning cybersecurity and data protection. *Laws*, 9(2), p.12.
7. Luce, Leanne. 2019. Artificial Intelligence for Fashion: How AI is Revolutionizing the Fashion Industry. San Francisco: Apress.
8. Kamarinou, Dimitra, Millard Christopher, and Singh Jatinder. 2016. Machine Learning with Personal Data. Queen Mary School of Law Legal Studies Research Paper No. 247/2016. Amsterdam: Elsevier.
9. eWeek, 2015, -Mobile eSIM Cuts Data Roaming Fees for Connected Devices, Michelle Maisto - February 18, 2014.
10. European Commission, 2015, Mobile roaming costs, [End of roaming charges: Council confirms agreement with EP - Consilium \(europa.eu\)](#)
11. Many health apps are based on flimsy science at best, and they often do not work By Rochelle Sharpe | New England Center for Investigative Reporting - November 12, 2012.
12. (Allday 2018) Allday, Florence 2018. Is the Fashion Industry ready for GDPR? London: Euromonitor International. Available online: <https://blog.euromonitor.com/fashion-industry-ready-gdpr/> (accessed on 25 May 2018).

Capitolul 16: Analiza de sinteză -textile, senzori, dispozitive portabile

Ioannis Chronis, Georgios Priniotakis, Athanasios Panagiotopoulos UNIWA, GREECE

Introducere

Textilele inteligente reprezintă un sector nou care pare să ajungă la faza de maturitate. Până acum, sectorul a fost orientat spre exploatarea progreselor din electronică și comunicații, nereușind însă să le integreze într-un produs care să îndeplinească cerințele unui textil. Prototipurile devin din ce în ce mai „textile”, datorită dezvoltării de noi materiale textile care sunt conductive și/sau au funcții inerente.

Analiza textilelor inteligente

Elementele portabile sunt articole de îmbrăcăminte sau accesorii pentru corpul uman care pot îndeplini o anumită funcție. Sub acest aspect, modelul unui textil portabil ar trebui să fie o integrare a unei piese vestimentare sau a unui accesoriu, fiind valabil și modelul clasic al unui sistem de automatizare:

- Dispozitive de intrare semnal (senzori);
- Microcontroler de procesare a intrărilor (datelor), PCB, smartphone;
- Leșire semnal (actuatoare, LED-uri, ecrane, intrare (semnal) la o aplicație software);
- Stocarea datelor (smartphone, cloud printr-o aplicație);
- Comunicarea între componentele electronice, (wireless, optică);
- Alimentare (baterie, panouri fotovoltaice, cinetică, generator triboelectric).

Toate părțile de mai sus menționate ar trebui să fie integrate perfect, pe cât este posibil. De altfel, evoluția textilelor inteligente este împărțită în trei categorii, în funcție de nivelul de integrare a componentelor electronice pe produs. La prima și a doua generație de textile inteligente, acestea erau articole de îmbrăcăminte simple cu materiale active discrete sau electronice convenționale atașate la îmbrăcăminte. Țesătura ar trebui să poată fi substratul care va găzdui celelalte părți, sau cel puțin unele dintre ele. Această configurație a oferit câteva produse precum jacheta Iconic Levi's® Trucker [1] și mai multe produse pentru achiziționarea datelor biomedicale (vestele inteligente).

O altă tehnologie destul de reușită și tipică a acestei generații, au fost plăcile integrate Arduino [2] și Adafruit [3]: CPU-uri (plăci) și senzori mici, ușor de programat într-un mediu de dezvoltare integrat (IDE) simplu.

A treia generație este aceea în care componentele funcționale sunt integrate perfect în îmbrăcăminte.

Este adevărat, că până acum nu există piață pentru textilele inteligente. O analiză a ciclului de viață al tehnologiei și a metodei de analiză a rețelei de Qian Xu și colab. [4], pe baza datelor din brevete, a dezvăluit că convergența tehnologică în textilele inteligente va atinge apogeul în 2030, ceea ce înseamnă că sectorul ajunge acum la faza sa de maturitate. În plus, acest studiu prezintă principalele sectoare tehnologice care sunt implicate în textilele inteligente: electronică (sectorul lider), inginerie mecanică și chimică, informatică și design de produs.

În recente prototipuri și produse, multe dintre părțile de mai sus au fost înlocuite de smartphone, dat fiind că acesta poate asigura stocarea datelor și elementul de procesare a datelor, precum și ecranul ca dispozitiv de ieșire.

O incompatibilitate fundamentală în dispozitivele purtabile este aceea că ele să fie flexibile ca și hainele, dar electronicele sunt dure. Acest lucru afectează în principal aspectul estetic, deoarece oferă o imagine a unei haine ciudate. De asemenea, se referă la confortul articolului. Soluția la această problemă poate fi fie proiectarea și fabricarea pieselor electronice textile, fie atașarea micro (sau chiar nano) electronice în substratul textil. Ambele opțiuni au fost aplicate în prototipuri și produse și ambele pot da rezultate promițătoare, dar problema metodelor de producție în masă, nu este încă rezolvată.

Heitor Luiz Ornaghi Junior și colab. [5], oferă o imagine de ansamblu completă a metodelor și materialelor care au fost utilizate în fabricarea produselor textile inteligente. Conform acestei lucrări, principalele categorii de fabricație sunt:

- utilizarea firelor textile conductive;
- țesere și tricotare;
- finisarea materialului textil pentru a obține o funcționalitate specifică integrată în textil după fabricare.

Principalele categorii de materiale textile inteligente sunt:

- Textilele inteligente care își schimbă culoarea;
- Tesaturile pentru controlul temperaturii;

- Textilele cu memoria formei;
- Textilele electronice.

Model pentru designul textilelor inteligente

Atributele solicitate produsului purtabilului sunt confortul, protecția, durata, lavabilitatea și estetica/să fie la moda. Cu toate acestea, proiectarea pentru acestea necesită mult mai multe cerințe.

Modelul unui purtabil este destul de complicat, dar nu este încă stabilit. Un model bun este cel propus de Francés-Morcillo et al, [6], care consolidează cerințele de proiectare bazat pe 9 grupuri, introducând cerințele de ergonomie și interacțiune cu utilizatorul pe lângă cele fizice, ceea ce este aspectul inedit al aceluși model. Modelul propus este prezentat în figura 16.1 de mai jos. Trebuie să menționăm însă că ceea ce lipsește acestui model este noul aspect al ecodesignului, care devine din ce în ce mai important și va fi mai devreme sau mai târziu o cerință obligatorie atât pentru wearable, cât și pentru electronice și confecții.



Figure 3. Wearable design requirements wheel model.

Figura 16.1 Cerințe de design pentru dispozitive portabile [6]

Modelul propus conține și o altă cerință importantă cum ar fi posibilitatea de a fi fabricat, reprodus la scară largă. Acesta este un aspect foarte important, deoarece

se referă la comercializarea textilelor inteligente care încă nu este realitate. Sunt necesare metode de producție automatizate, care să ofere producție în masă, la un cost accesibil și fiabilitate. Este destul de probabil ca noile tehnici de producție a textilelor, cum ar fi tricotarea 3D și imprimarea 3D, să prevaleze față de cele convenționale pe termen scurt, dar, în orice caz, produsul trebuie să fie proiectat corespunzător și iar materiale adecvate (fire conductive flexibile, cu greutate redusă) trebuie dezvoltate. Până acum și conform cunoștințelor noastre, eforturile pentru noi materiale inovatoare vizează noi funcții și confort, iar elementul de fabricabilitate este neglijat. Acesta este motivul pentru care textilele inteligente nu există dincolo de nivelul 2 de pregătire tehnologică, care sunt prototipuri în esență [7].

Este clar că acest lucru necesită o echipă de proiectare multidisciplinară. Până acum, articolele de îmbrăcăminte erau concepute de designeri de modă, punând accent pe cost, estetică și confort. Pe de altă parte, textilele sunt proiectate de ingineri care urmăresc funcționalitatea și fiabilitatea funcției. Distanța dintre aceste două echipe de designeri, este descrisă foarte bine de termenul „Unite Intention with Divided Focus” de Rebecca R. Ruckdashel, et al. [7].

De exemplu, Natascha M. van der Velden et al. [8] evidențiază importanța selecției materialelor și sugerează utilizarea cuprului pentru conductori și substraturi acrilice, față de argint și respectiv acril, ca exemple de materiale cu impact redus asupra mediului și un caracter mai ecologic.

Concluzii

O analiză de sinteză a textilelor inteligente arată că nu există o paradigmă stabilită pentru proiectare și producție. Sectorul este condus de progrese semnificative disponibile în domeniul materialelor și tehnologiilor inteligente, dar este, de asemenea, limitat de probabilitatea unei integrări eficiente într-un produs textil. Textilele electronice pot fi o soluție la această problemă, atâta timp cât sunt disponibile și tehnologiile de fabricație și producție în masă.

Bibliografie

1. Jacquard, available by <https://atap.google.com/jacquard/>, accessed 3/4/2023.
2. Arduino, 2023, available by <https://www.arduino.cc/>, accessed 3/4/2023.
3. Adafruit, 2023, <https://www.adafruit.com/>, accessed 3/4/2023.
4. Xu, Q.; Yu, Y.; Yu, X., 2022, Analysis of the Technological Convergence in Smart Textiles. *Sustainability* 2022, 14, 13451. <https://doi.org/10.3390/su142013451>.
5. Júnior, Heitor Luiz Ornaghi, Roberta Motta Neves, Francisco Maciel Monticeli, and Lucas Dall Agnol. 2022. "Smart Fabric Textiles: Recent Advances and Challenges" *Textiles* 2, no. 4: 582-605. <https://doi.org/10.3390/textiles2040034>.
6. Francés-Morcillo, Leire, Paz Morer-Camo, María Isabel Rodríguez-Ferradas, and Aitor Cazón-Martín, 2020. "Wearable Design Requirements Identification and Evaluation" *Sensors* 20, no. 9: 2599. <https://doi.org/10.3390/s20092599>.
7. Ruckdashel, Rebecca R., Ninad Khadse, and Jay Hoon Park. 2022. "Smart E-Textiles: Overview of Components and Outlook" *Sensors* 22, no. 16: 6055. <https://doi.org/10.3390/s22166055>.
8. Natascha M. van der Velden, Kristi Kuusk, Andreas R. Köhler, 2015, Life cycle assessment and eco-design of smart textiles: The importance of material selection demonstrated through e-textile product redesign, *Materials & Design*, Volume 84, 2015, Pages 313-324, ISSN 0264-1275, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.06.129>.

Capitolul 17: Dinamica pieței pentru electronice inteligente pe bază de textile

Veronica Guagliumi, Ciape, Italy

Potențialul pieței

Creșterea pieței textilelor inteligente este determinată de tendința de miniaturizare a electronicelor și de asocierea frecventă a textilelor inteligente cu dispozitivele portabile. În domeniile sănătății și sportului, textilele inteligente sunt folosite mai frecvent pentru a monitoriza activitatea musculară, pentru a regla temperaturii corpului și pentru a protejia împotriva pericolelor. Dezvoltarea componentelor electronice compacte, cum ar fi senzorii, bateriile și sistemele de control, a condus la integrarea mai ușoară a textilelor inteligente în dispozitive portabile și dispozitive electronice. Mai mult, sectorul de apărare introduce mai multe produse, ceea ce contribuie și la creșterea pieței [1].

Dispozitivele portabile pentru îngrijirea sănătății, permit consumatorilor să urmărească informații vitale despre sănătate, atât în interiorul, cât și în afara spitalelor, și va ramane un sector esențial care este favorizat de transmisiile de date mobile [2].

Piața textilelor inteligente este estimată să ajungă la 30,45 miliarde USD până în 2029, cu o rată anuală de creștere de 28,4%, în special în segmentul textil activ/ultra-inteligent [3].

Domeniul textilelor inteligente din America de Nord a dominat piața în 2021, determinat de cererea puternică din diverse sectoare, cum ar fi armată și protecție, sănătate, fitness și sport, în special în Statele Unite. În SUA sunt majoritatea producătorilor de textile inteligente, cum ar fi DuPont (SUA), Gentherm (SUA), Sensoria (SUA), Alphabet (SUA) și Jabil (SUA), care contribuie activ la creșterea pieței. Jucători majori precum Google, Apple, Samsung, Qualcomm și Microsoft sunt deja puternic implicați în sectorul tehnologiilor portabile, în special în industria sănătății și fitness-ului. Odată cu evoluțiile actuale din industrie, segmentul tehnologiei portabile este caracterizat de o concurență intensă. Un studiu recent realizat de ABI Research arată că numărul de dispozitive portabile livrate la nivel mondial în 2020 a ajuns la 259,63 milioane, cu 112,15 milioane de trackere pentru sport, fitness și wellness și 74,30 milioane de ceasuri inteligente. Piața căștilor wireless, care este principalul accesoriu inteligent, a atins 502,7 milioane de livrări

până la sfârșitul anului 2021 și este de așteptat să depășească 700 de milioane până în 2026, cu un CAGR de 7,6% [4].

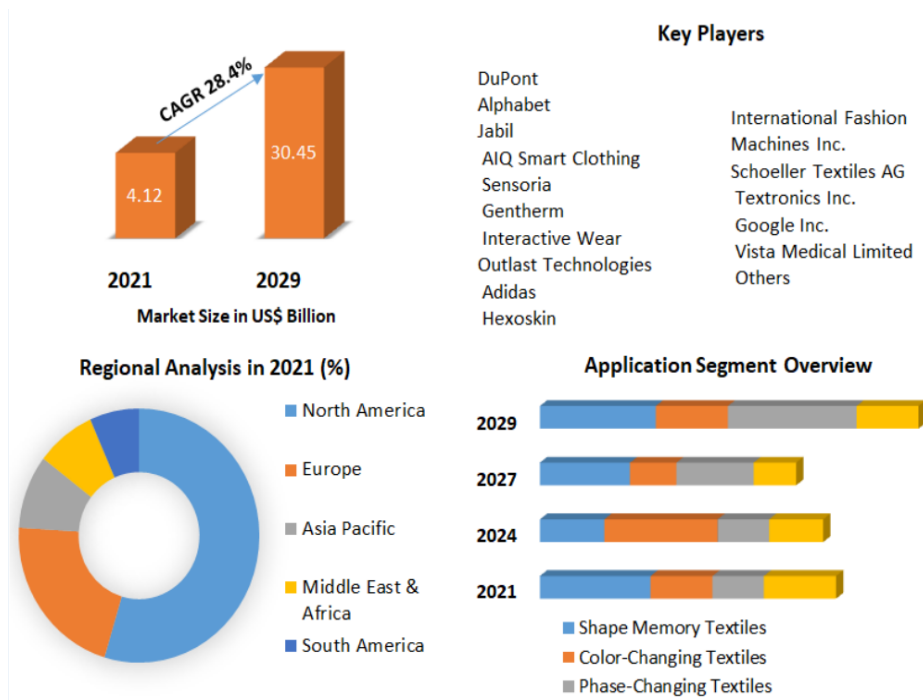


Figura 17.1 Piața globală a textilelor inteligente – Maximizarea pieței ResearchPVT. LTD. (2)

Potențialul social

Dispozitivele purtabile au o serie de beneficii socio-economice care acoperă diferite industrii. De exemplu, aceste dispozitive pot fi folosite ca instrumente de instruire pentru a facilita integrarea noilor angajați. În sectorul de vânzare cu amănuntul, purtabilele pot îmbunătăți serviciile de vânzări prin creșterea vitezei de achiziție, în timp ce în producție, ele pot sprijini procesul de producție prin furnizarea de instrumente de îndrumare gratuite. Dispozitivele purtabile pot, de asemenea, să îmbunătățească acuratețea informațiilor și să raționalizeze procedurile în domeniul sănătății, să accelereze studiile clinice și să reducă costurile medicale atunci când sunt utilizate împreună cu echipamente de fitness și stimulente potrivite pentru a încuraja utilizatorii să facă mișcare. Toate aceste exemple evidențiază modul în care de tehnologia purtabilă pot beneficia atât companiile, cât și utilizatorii.

Prin adoptarea pe scară largă a dispozitivelor purtabile se vor crea noi oportunități de angajare. Un studiu realizat de Wanted Analytics a constatat că, în mai 2014, au existat 1.018 anunțuri de angajare legate în mod specific de tehnologia purtabilă, o creștere cu 150% față de mai 2013. Cererea de experți în tehnologii purtabile era în principal din partea întreprinderilor din SUA, Intel având majoritatea postărilor de locuri de muncă legate de această tehnologie. Nike, Zoll și Microsoft au fost, de asemenea, printre companiile cu cea mai mare cerere de candidați calificați în tehnologii purtabile. Sondajul a constatat că majoritatea locurilor de muncă vacante au fost pentru dezvoltatori de software și web, manageri de marketing și ingineri în inginerie electrică. În prezent, managerii de marketing cu experiență în tehnologii purtabile (wearables) sunt cei mai căutați și relativ greu de recrutat în comparație cu dezvoltatorii de software și inginerii în inginerie electrică [6].

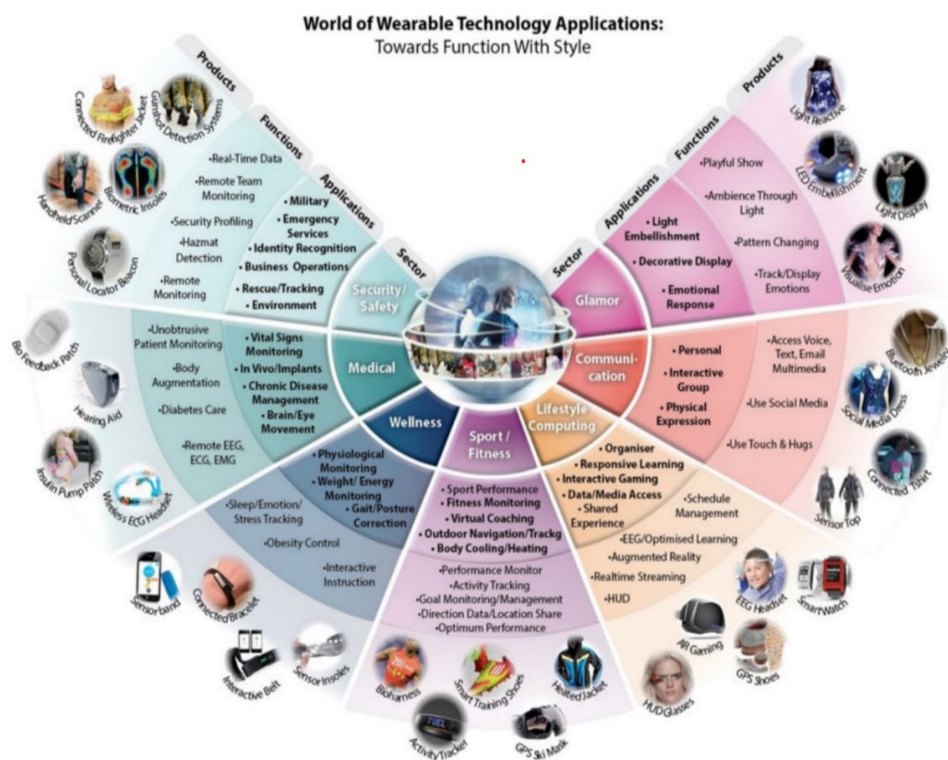


Figura 17.2 Aplicații ale tehnologiilor purtabile pe piața de consum - Beecham Research Ltd. (5)

Integrarea tehnologiei purtabile stimulează inovația în industriile tradiționale precum moda și bijuteriile. În trecut, scopul principal al bijuteriilor era să arate frumos, în timp ce funcționalitatea era adesea trecută cu vederea. Cu toate acestea, odată cu apariția dispozitivelor purtabile, cum ar fi trackerele de fitness Jawbone și ochelarii compatibile cu Wi-Fi GlassUp, bijuteriile tradiționale se confruntă cu concurența. Deși nu este clar dacă ceasurile inteligente vor înlocui pe deplin ceasurile tradiționale, este evident că atât ceasornicarii tradiționali, cât și jucătorii noi precum Apple se luptă pentru a crește numărul de consumatori interesați de produsele wearable Apple [7].

Drept urmare, companiile trebuie să dezvolte strategii eficiente, cum ar fi integrarea tehnologiei purtabile în produsele lor sau accentuarea funcționalității în detrimentul esteticii, pentru a concura [8].

Convergența modei, a bijuteriilor și a tehnologiei purtabile ar putea duce, de asemenea, la noi parteneriate între producătorii de modă și bijuterii și furnizorii de tehnologie purtabilă. De exemplu, Nike a creat deja o linie de îmbrăcăminte sport care integrează tehnologia purtabilă, permițând interacțiunea cu smartphone-urile și playerele MP3.

Dinamica lanțului valoric

Lanțul valoric al textilelor inteligente cuprinde trei industrii, și anume textile, ICT (tehnologia informației și comunicațiilor) și electronice, fiecare cu jucători diferiți. Prin urmare, parteneriatele intersectoriale sunt esențiale pentru combinarea expertizei și strategiilor. Companiile de textile nu au adesea cunoștințe avansate în electronică, ceea ce le împiedică participarea activă la extinderea industriei textilelor inteligente.

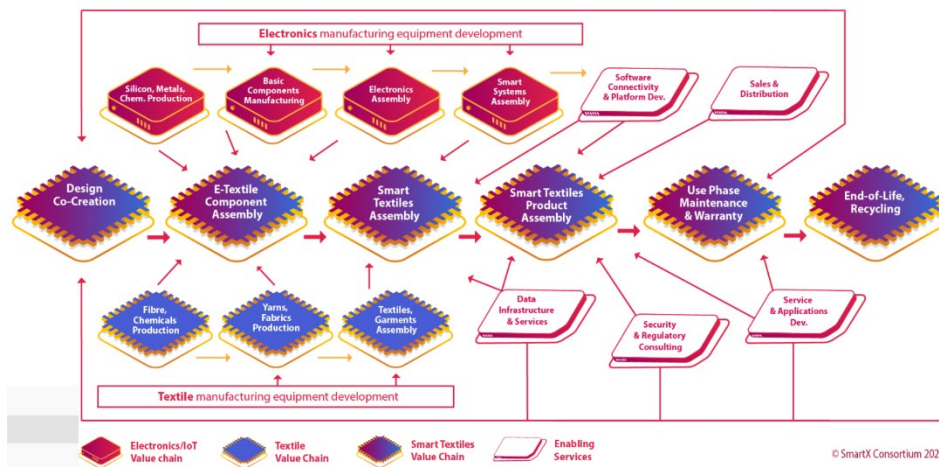


Figura 17.3 Lanțul valoric pentru textilele inteligente. SmarteX Consortium 2021 (9)

Partenerii SmarteX Europe au dezvoltat o hartă cuprinzătoare a lanțului valoric al textilelor inteligente, așa cum se arată în Figura 17.3. Acest lanț valoric intersectorial include componentele hardware, software, textile și produsele finale. Dispozitivele sau sistemele inteligente sunt create prin combinarea produselor textile inteligente cu software suplimentar. Aceste dispozitive fac parte dintr-o „rețea inteligentă” mai mare, care constă din dispozitive inteligente interconectate care utilizează date stocate în cloud pentru securitate, analiză și procesare a datelor. Aceste rețele și dispozitive sunt apoi integrate în „aplicații inteligente” [9].

Se așteaptă ca piața articolelor purtabile să crească rapid, aproximativ 21,5 miliarde EUR fiind cheltuiți pe compozite și materiale pentru tehnologiile purtabile până în 2025 [10].

Companiile care doresc să câștige cote de piață mai mari vor trebui să dezvolte noi modele care să ofere avantajele dispozitivelor mai mici, flexibile și confortabile, care pot fi purtate discret sau chiar implantate, realizate din materiale transparente sau concepute pentru o singură utilizare. Capacitatea de a colecta și stoca energie va fi, de asemenea, un argument important în proiectele viitoare pentru dezvoltarea dispozitivelor purtabile. De-a lungul lanțului valoric, relația dintre producătorii de produse și furnizorii de servicii are un impact semnificativ asupra industriei. De exemplu, întârzierile în lansarea Google Glass și a ecosistemului său de aplicații au determinat mulți dezvoltatori de aplicații să-și abandoneze proiectele și să caute alternative precum GlassUp [11].

Dinamica lanțului valoric este evidentă și din colaborarea dintre rețeaua de date mobile și furnizorii de soluții de produs.

Bibliografie

1. Smart Textiles Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2022 - 2027 - imarcgroup.com.
2. ABI Research 5G wearable devices and accessories will enter the market by 2023, though attach rates to remain low until 2026 – Jan 2022.
3. Smart Textile Market: Global Challenges, Market Analysis and Forecast 2029 - www.maximizemarketresearch.com.
4. SABI Research - Mobile Accessories and Wearables Market Share and Forecasts – 10 Dic 2021.
5. Beecham Research Ltd. & Wearable Technologies AG, 2013.
6. Wanted Analytics, 2015, Demand for Wearable Technology Skills Grows, Available at: <https://www.wantedanalytics.com/analysis/posts/demand-for-wearable-technology-skills-grows> [Accessed on 6 January 2015].
7. Business Innovation Observatory – Internet of Things – Wearable Technologies Case Study 44 - Fabian Nagtegaal, Diederik Verzijl & Kristina Dervojeđa, PwC Netherlands, and Laurent Probst, Laurent Frideres & Bertrand Pedersen, PwC Luxembourg – European Union, February 2015.
8. New York Times, 2015, Jewellers enter the wearable technology market.
9. Smart Textile Value Chain: A Roadmap - SmartX the European Smart Textiles Accelerator, 2021.
10. IDTechEx, Wearable technology: a materials goldmine, Dr Peter Harrop, 2015.
11. TECH2, As Google Glass launch postponed to 2015, app developers losing interest, 2014.
12. Teliosonera, Wearable technology developer chose Telionsoneras m2m solution, 2014.

Capitolul 18: Dinamica pieței pentru textilele senzoriale

Veronica Guagliumi, Ciape, Italy

Evoluții recente ale îmbrăcăminteii inteligente

Dinamica lanțului valoric poate fi indicată și de interconectarea datelor mobile și furnizorii de soluții de produs. Spre deosebire de smartphone-uri, producătorii de produse electronice portabile integrează în mod obișnuit serviciile de date mobile în soluțiile lor. În final furnizorii de soluții wearable și furnizorii de servicii de date negociază pretul pentru transferului de date, un bun exemplu fiind compania Yepzon din Finlanda furnizează un dispozitiv portabil de urmărire a copiilor. Astfel, Yepzon, utilizând tehnologia machine-to-machine (M2M) (12), gestionează abonamentele pentru produsele sale pe toate piețele, și poate pătrunde pe piețe noi și să gestioneze volume masive de abonamente și date printr-o singură interfață de utilizator. Platforma permite, funcționarea unui singur dispozitiv interconectat la fel în SUA, Rusia și toată Europa. În plus, cele mai mari două platforme de aplicații, Android și iOS, sunt în concurență pentru a deveni platforma de top pentru crearea de aplicații, în același mod în care au abordat piețele de tablete și dispozitive mobile. Deoarece cererea pentru un gadget-uri portabil depinde parțial de aplicațiile care vor funcționa pe acesta, aceasta are impact asupra actorilor cu experiență dar și a celor aflați la început pe piața.

Proiectul PROeTEX a creat articole de îmbrăcăminte inteligente e-Textile care monitorizează parametrii fiziologici ai lucrătorilor din serviciile de situații de urgență. Au fost dezvoltate trei prototipuri: un produs de îmbrăcăminte interioară (IG), o îmbrăcăminte exterioară (OG) și o pereche de cizme. IG măsoară ritmul cardiac, ritmul respirației, transpirația, deshidratarea, electroliții, indicatorii de stres, nivelul de oxigen, dioxid de carbon și temperatura internă, în timp ce OG și cizmele măsoară activitatea, mediul chimic și temperatura exterioară. Aceste produse conțin în zona OG un dispozitiv care, colectează toate datele și le transmite prin Wi-Fi către o stație de lucru locală, folosind două antene textile și o placă de bază integrată. În cazul unei situații periculoase se transmite alarmă imediată către managerii de intervenție în cazul unui pericol grav [1]. De asemenea, îmbrăcăminte pentru tineri sau născuți cu funcții de monitorizare a ritmului cardiac și a respirației are o importanță deosebită.[2].

Apariția tehnologiei 5G permite utilizarea sistemelor de monitorizare portabile pe bază de senzori, dar și a îmbrăcămintei cu senzori integrați pentru telemedicină și aplicații sportive, cum ar fi cămașa inteligentă Astroskin [3].

Tehnologia 5G permite colectarea simultană de date de la mai mulți senzori și are capacitatea de a extinde soluțiile la grupuri mari fără degradarea performanței, arhitectura cu 2-hop fiind un design tipic pentru un sistem de telemonitorizare 5G [4] așa cum este prezentat în Figura 18.1.

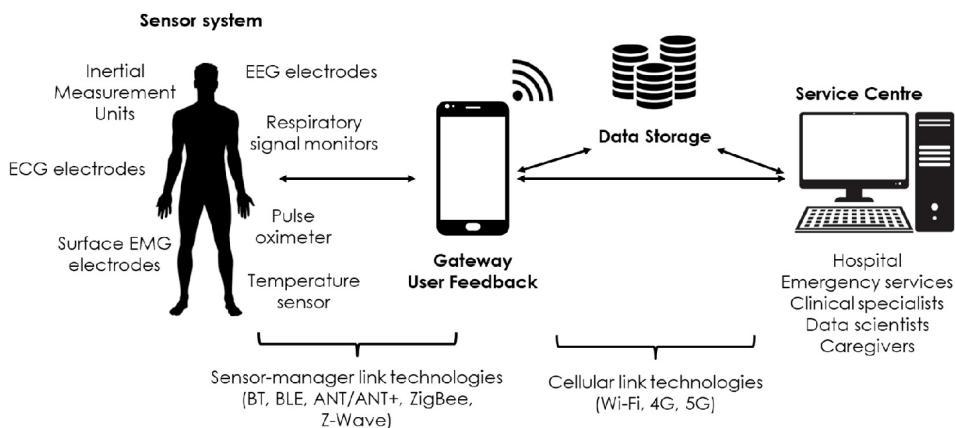


Figura 18.1 Sistem de telemonitorizare cu o arhitectură de transmisie a datelor cu două trepte [5]

Tehnologiile de printare a electronicelor flexibile reprezintă o alternativă promițătoare la electrozii tradiționali din țesături datorită transparenței lor ridicate și rezistenței la deformarea mecanică. [6] Aceste proprietăți le fac potrivite pentru sisteme de monitorizare continuă a semnalelor biomedicale (ritmul cardiac, temperatura, fluxul sanguin și nivelul de oxigenul din sânge), în timpul activităților zilnice..

Îmbrăcăminte cu senzori

Îmbrăcăminte inteligentă poate fi clasificată în funcție de domeniul său de utilizare astfel:

-Asistență medicală, pentru monitorizarea parametrilor biomedicali pentru evaluarea sănătății.

- Sport, pentru urmărirea performanțelor atletice în timpul antrenamentelor sau concursurilor și monitorizarea markerilor fiziologici.
- Fitness, pentru a educa clienții obișnuiți și pentru a le oferi o mai bună înțelegere a parametrilor fiziologici generali.
- Social, pentru a ajuta utilizatorii în activități recreative.
- Munca, pentru a susține performanța și a oferi asistență și siguranță atunci când utilizatorii sunt angajați în activități.

Articolele de îmbrăcăminte de pe piață sunt pentru îngrijirea sănătății, sport și fitness. Arhitectura unui sistem include interconectarea componentelor electronice, modul de comunicații, detectarea, interfața de afisare a datelor și memoria apentru stocarea acestor date. Sensorii și actuatori pot fi elemente care nu sunt realizate din textile fiind integrate în placa de bază sau pot fi realizate din materiale textile și conectate la placa electronică [7].

În unele aplicații, datele sensorului sunt transmise unui Asistent digital personal (PDA) prin noduri de comunicare pe distanță scurtă, cum ar fi ANT+, NFC sau Bluetooth. PDA (smartphone, computer) dispune de algoritmi pentru stocarea și procesarea datelor. Datele pot fi trimise către un server de la distanță printr-un alt nod de conexiune [8].

În general, tehnologiile textile sunt utilizate pentru realizarea îmbrăcămintei inteligente pentru sănătate și sport/fitness. Un astfel de exemplu este Hexoskin Smart Garments de la Carré Technologies Inc. din Montreal, Canada.

Articole de îmbrăcăminte confortabile pentru bărbați, femei și copii pot conține senzori textili integrați pentru monitorizarea precisă și continuă a ritmului cardiac, respiratoriu, a activității și somnului. Un astfel de dispozitiv poate raporta valori precum ritmul cardiac, variabilitatea ritmului cardiac, monitorizarea stresului și evaluările oboseții. De asemenea, există articolele de îmbrăcăminte care monitorizează intensitatea activității, accelerația maximă, pașii, cadența, pozițiile și somnul cu un accelerometru cu 3 axe. [9]. Hexoskin Smart Device, este un tricou comercial realizat din electrozi textili, care măsoară activitatea cardiacă cu un sistem ECG cu o singură derivație și dispune de senzori de respirație și mișcare, cu o autonomie a bateriei de peste 36 de ore și reîncărcabil cu un cablu USB. Produsul este realizat din tricou antibacterian, cu protecție UV, cu uscare rapidă, având o bună permeabilitate la aer, fiind anti-miros și lavabilă. Dispozitivul Hexoskin poate

fi conectat la aplicația Hexoskin prin Bluetooth, permițând utilizatorului să vizualizeze, să gestioneze și să interpreteze datele colectate. Datele pot fi vizualizate, de asemenea, în aplicația web Hexoskin, în timp ce profesioniștii din domeniul sănătății, cercetătorii și tehnicienii pot folosi software-ul de analiză VivoSense pentru a importa/exporta date, pentru a efectua procesarea datelor și pentru a crea grafice [10].

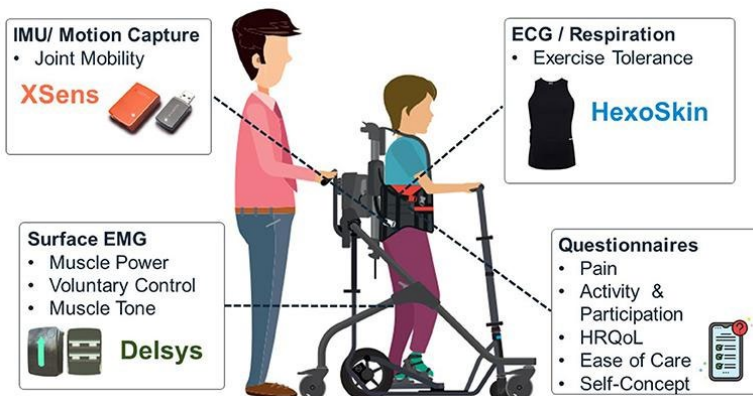


Figura 18.2 Domeniile de interes prioritizate de utilizator și tehnologia senzorilor [11]

Al doilea exemplu este ilustrat de Sensoria, o companie care oferă produse concepute pentru antrenamentele alergătorilor profesioniști și amatori. Articolele vestimentare disponibile includ șosete inteligente, bustieră și un tricou. Șosetele sunt echipate cu un senzor de presiune textil încorporat care comunică prin Bluetooth, este detașabil și reîncărcabil. Acest produs poate monitoriza pașii utilizatorului, timpul de mers, distanța, viteza, caloriiile arse, altitudinea, cadența și pasul. Sutienu și tricoul oferă o monitorizare precisă a ritmului cardiac [12] și funcționează perfect cu E-modulo sensoria HRM (Heart Rate Monitor), a cărei baterii are o durată de viață care depășește 8 luni și se conectează prin Bluetooth Smart și ANT+ la Sensoria. Aceste instrumente oferă, de asemenea, alergătorilor cu experiență sfaturi despre posturile și modul corect de alergare pentru a-i ajuta să-și perfecționeze stilul de alergare.

Al treilea exemplu prezintă cămașa inteligentă dezvoltată de L.I.F.E. Italia Srl, care oferă două variante — una pentru atletism și alta pentru scopuri medicale. Îmbrăcămintea medicală de compresie BWell de la L.I.F.E. Italia Srl, Milano, Italia, include un accelerometru, cinci senzori pentru monitorizarea respiratorie și doisprezece electrozi ECG uscați pe bază de cerneală pentru monitorizarea.

Electrozii sunt proiectați cu un strat adeziv, un strat conductiv, un strat de liant, un strat de solvent, un strat de îngroșare și o zonă de gradient între straturile de cerneală adezivă și conductivă. Suprafața îmbrăcăminteii găzduiește cei cinci senzori pentru respirație, care sunt construiți folosind o bandă elastică pe bază de cerneală conductivă, conectori electrice la fiecare capăt și o husă din material de compresie. Pe de altă parte, versiunea sport Performer Wearware de la L.I.F.E. Italia Srl, Milano, Italia, se concentrează pe urmărirea performanței și are două derivații ECG, doi senzori de respirație și zece accelerometre. Această versiune include o cămașă și pantaloni scurți, care monitorizează mișcarea coapselor utilizatorului [13].



Figure 18.3 Sensoria Smart Socks [12]

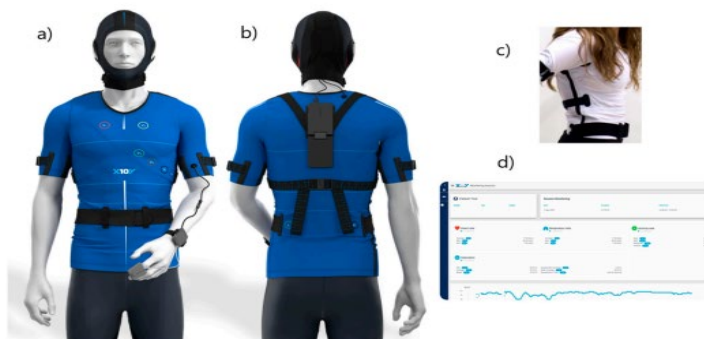


Figura 18.4. Vederi față și (b) spate ale îmbrăcăminteii medicale de compresie L.I.F.E. (BWell). Vederea din spate (dreapta) arată unde este plasat sistemul atunci când îmbrăcăminteia este purtată. Ambele vizualizări un electrocap EEG, care este în prezent dezvoltat de companie. (c) Un exemplu de armătură BWell atunci când este purtat. (d) Aplicație pentru vizualizarea datelor în timp real [13]

Bibliografie

1. Curone, D.; Secco, E.L.; Tognetti, A.; Loriga, G.; Dudnik, G.; Risatti, M.; Whyte, R.; Bonfiglio, A.; Magenes, G. Smart garments for emergency operators: The ProeTEX project. *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.* 2010, 14, 694–701.
2. Sayem, A.S.M.; Teay, S.H.; Shahariar, H.; Fink, P.L.; Albarbar, A. Review on smart electro-clothing systems (SeCSs). *Sensors* 2020, 20, 587.
3. Andreev, E.; Radeva, V.; Nikolova, M. Innovative biomonitors systems in the aerospace industry. In *Proceedings of the Communications, Electromagnetics and Medical Applications Conference 2019, Sofia, Bulgaria, 17 October–19 October 2019*.
4. Gerhardt, U.; Breitschwerdt, R.; Thomas, O. mHealth Engineering: A Technology Review. *J. Inf. Technol. Theory Appl.* 2018, 19, 5.
5. Angelucci, A.; Aliverti, A. Telemonitoring systems for respiratory patients: Technological aspects. *Pulmonology* 2020, 26, 221–232.
6. Huang, S.; Liu, Y.; Zhao, Y.; Ren, Z.; Guo, C.F. Flexible electronics: Stretchable electrodes and their future. *Adv. Funct. Mater.* 2019, 29, 1805924.
7. Sayem, A.S.M.; Teay, S.H.; Shahariar, H.; Fink, P.L.; Albarbar, A. Review on smart electro-clothing systems (SeCSs). *Sensors* 2020, 20, 587.
8. Majumder, S.; Mondal, T.; Deen, M.J. Wearable sensors for remote health monitoring. *Sensors* 2017, 17, 130.
9. Hexoskin Health Sensors & all <https://www.hexoskin.com>
10. Angelucci, A.; Cavicchioli, M.; Cintorrino, I.A.; Lauricella, G.; Rossi, C.; Strati, S.; Aliverti, A. Smart Textiles and Sensorized Garments for Physiological Monitoring: A Review of Available Solutions and Techniques. *MDPI Sensors* 2021, 21, 814. <https://doi.org/10.3390/s21030814>.
11. Andrew Ennis, Laura Finney and Claire Kerr; Systematic Multidisciplinary Process for User Engagement and Sensor Evaluation: Development of a Digital Toolkit for Assessment of Movement in Children With Cerebral Palsy, *Frontiers in Digital Health*, Lisa Kent, Ian Cleland, Catherine Saunders, June 2021 Vol.3 article 692112.
12. Sensoria Socks™ (sensoriahealth.com).
13. L.I.F.E. Multipurpose Wearable Computers. Available online: <https://www.x10y.com/>.

Capitolul 19: Eco-design pentru senzori, baterii și actuatori

Michail Delagrammatikas, CRETHIDEV, Greece

Rezumat

Prin adoptarea eco-designului, dispozitivele inteligente și senzoriale, precum și echipamentele de protecție personală pot avea un impact negativ redus asupra mediului, putându-se reduce problemele referitoare la distrugerea acestora la sfârșitul ciclului de viață, conform conceptului de economie circulară. În acest capitol, sunt prezentate succint principalele aspecte ale designului ecologic și sunt abordate punctele cheie specifice designului ecologic al senzorilor portabili, bateriilor și al altor dispozitive de stocare a energiei, precum și al actuatorilor.

Introducere

Abordarea conceptului de eco-proiectare al senzorilor, bateriilor și actuatorilor pentru materiale portabile vizează minimizarea impactului asupra mediului pe parcursul întregului ciclu de viață al produselor, pornind de la originea materiilor prime până la distrugerea produselor finite. Proiectarea ecologică a senzorilor, bateriilor și actuatorilor portabili implică abordarea anumitor puncte cheie, cum ar fi: selecția materialelor, eficiența energetică pe întreg ciclul de viață, exploatarea surselor de energie regenerabilă, durabilitatea și durata de viață extinsă a produsului, minimizarea ambalajului, evaluarea ciclului de viață și proiectarea proceselor de distrugere la sfârșitul ciclului de viață.

Proiectarea ecologică a senzorilor, bateriilor și actuatorilor portabili trebuie să se bazeze pe o abordare holistică, astfel încât să poată fi dezvoltate produse cu impact minim asupra mediului și cu performanțe adecvate domeniului de utilizare, precum și cu potențial de creare a unui nou model de economie circulară.

Selecția materialelor

Selecția materialelor reprezintă unul dintre cei mai importanți pași în proiectare ecologică, deoarece multe materiale componente ale senzorilor, bateriilor și actuatorilor pot avea un impact semnificativ asupra mediului. Specialiștii trebuie să ia în considerare întreaga amprentă de mediu a materialelor selectate, inclusiv:

- Extractia și procesarea, care pot: impacta negativ mediul înconjurător și ecosistemele, afecta biodiversitatea prin eliberarea de substanțe toxice și,

utiliza in exces energie neregenerabila si pot genera emisii de gaze cu efect de sera;

- Lantul de transport si aprovizionare, care pot genera o amprenta de carbon mare, care ar putea fi evitata prin utilizarea de materii prime alternative si verificabile;
- Toxicitatea materialelor. Materialele sectate trebuie sa fie netoxice. Bateriile pe baza de metale grele precum plumbul, mercurul si cadmiul ar trebui evitate in favoarea unor solutii de stocare a energiei mai ecologice;
- Utilizarea materialelor reciclate, reciclabile si biodegradabile pot reduce in mod eficient impactul negative asupra mediului prin productia de materii prime care pot fi distruse la sfarsitul ciclului de viata.

Design circular și evaluarea ciclului de viață

Pe langa utilizarea materialelor durabile si ecologice, la fel de importanta este proiectarea produselor, a senzorilor, bateriilor si a actuatorilor, precum si a purtabilelor (haine, pantofi, accesorii, echipament individual de protectie etc.) pe baza analizei intregului ciclu de viata al acestora, posibilei reutilizari si eliminari la sfarsitul ciclului de viata. Designul circular are ca scop crearea de produse care nu vor produce deseuri in timpul fabricarii sau dupa utilizare. Unele puncte cheie includ:

- Produsul proiectat sa poate fi usor asamblat si dezamblat, permitand astfel reutilizarea componentelor, cum ar fi senzorii, dispozitivele de stocare a energiei si actuatorii, in cazul deteriorarii materialului purtabil. De asemenea, trebuie sa permita separarea materialelor reciclabile in diferite fluxuri de reciclare.
- Sa se furnizeze informatii despre materiale si despre modul de manipulare a acestora la sfarsitul ciclului de viata (distrugere). Sa fie disponibile pentru utilizatori instructiuni si linii directe clare care sunt foarte importante in atingerea obiectivelor de proiectare circulara. Evaluarea ciclului de viata trebuie sa include si lantul de aprovizionare si trebuie sa existe trasabilitatea materiilor prime.
- Materiale utilizate trebuie sa fie durabile, iar tehnologiile de fabricatie sa fie de ultima generatie astfel incat sa se asigure prelungirea duratei de viata a produsului. Trebuie evitata utilizarea materialelor care au o durata de viata semnificativ mai scurta decat restul produsului, cu exceptia cazului in care acestea se constituie in piese ce pot fi inlocuite.

Eficiența energetică și surse de energie regenerabilă

La proiectarea dispozitivelor purtabile trebuie avută în vedere optimizarea consumului de energie de-a lungul lanțului de aprovizionare a produselor și a duratei de viață. Minimizarea consumului de energie poate implica utilizarea componentelor cu putere redusă, optimizarea circuitelor și implementarea tehnicilor de gestionare a energiei. Este recomandabilă utilizarea bateriilor reincarcabile sau a altor dispozitive de stocare a energiei, cum ar fi supercondensatoarele. Este de preferat colectarea energiei și nu încărcarea din rețeaua electrică. Dispozitivele purtabile de colectare a energiei pot fi bazate pe fotovoltaice (PV), generatoare piezoelectrice (PEG), nanogeneratoare triboelectrice (TENG), generatoare termoelectrice (TEG), magneti pentru captarea energiei cinetice și antene pentru captarea energiei electromagnetice.

Eco-designul senzorilor purtabili

La proiectarea ecologică a senzorilor purtabili trebuie avute în vedere următoarele:

- Reducerea dimensiunilor și a greutății. Senzorii compacti și ușori reduc atât consumul de materiale, cât și consumul de energie. De asemenea, asigură un grad de confort mare și sunt mai ușor de integrat.
- Este de preferat utilizarea senzorilor pasivi față de cei activi. În cazul utilizării senzorilor activi, proiectarea trebuie făcută pentru un consum minim de energie.
- Utilizarea substraturilor flexibile care permit obținerea de produse cu grad de confort mare (ex., îmbrăcăminte, accesorii). O ergonomie mai bună încurajează utilizarea pe termen lung și minimizează risipa de senzori aruncați prematur.
- Produsul trebuie să permită dezamblarea și repararea componentelor, iar distrugerea acestuia la sfârșitul ciclului de viață trebuie să fie realizată cu ușurință. Trebuie avută în vedere faptul că dezamblarea și repararea ușoară a senzorilor purtabili vor asigura prelungi durata de viață a produsului. Produsele modulare care permit înlocuirea componentelor individuale vor contribui la reducerea deșeurilor, vor facilita reciclarea și reutilizarea senzorilor.

Eco-designul bateriilor portabile, a dispozitivelor de stocare și colectare a energiei

La proiectarea ecologică a dispozitivelor de stocare și colectare a energiei trebuie avute în vedere următoarele:

- Alegerea materialelor netoxice. Trebuie evitate metalele grele periculoase, cum ar fi plumbul, mercurul și cadmiul. De asemenea, ar trebui să se acorde atenție marită nanomaterialelor care, la eliberare necontrolată din structura de bază, pot pătrunde în țesuturile biologice și devin toxice.
- Optimizarea densității și a eficienței energetice care va permite maximizarea capacității concomitant cu reducerea dimensiunilor și a greutății bateriei. Eficiența energetică este îmbunătățită prin reducerea pierderilor de energie datorate rezistenței și ratelor de autodescărare.
- Se recomandă utilizarea dispozitivelor reincarcabile de stocare a energiei împreună cu cele de colectare a energiei. Necesarul și consumul de energie ale senzorilor sau actuatorilor integrate pot fi îmbunătățite prin energia produsă de mișcarea și căldura corpului utilizatorului. Tehnologiile de colectare a energiei pot fi folosite pentru încărcarea bateriilor, atunci când energia trebuie stocată pe perioade mai lungi. Supercondensatoarele pot fi utilizate atunci când dispozitivele necesită transmiterea rapidă a energiei.
- Durata de viață a bateriilor și supraconductoarelor. Selectarea unei metode adecvate de stocare a energiei/încărcare/senzor activ sau sistem activator se realizează funcție de procesele de stocare a energiei și optimizare a ciclurilor de încărcare/descărare în corelație cu nevoile de energie și consumul de energie. Astfel, se urmărește prevenirea apariției fenomenelor de supraîncărcare sau supradescărare care pot reduce durata de viață a dispozitivului de stocare a energiei.
- Se recomandă designul modular al dispozitivelor de stocare a energiei, astfel încât să fie posibilă înlocuirea celulelor sau a unităților individuale și repararea acestora.
- Distrugerea și reciclarea la sfârșitul duratei de viață. Bateriile pot conține materiale toxice, cum ar fi metale grele sau materiale cu o amprentă de carbon foarte mare și impact negativ asupra mediului înconjurător (ex, litiu). Supercondensatorii produc și deseuri toxice, de aceea este imperativ ca aceste dispozitive să poată fi separate și reciclate cu ușurință prin procese specifice, existente pentru baterii și componente electronice.

Eco-designul actuatorilor portabili

La proiectarea ecologica a actuatorilor portabile trebuie avute in vedere urmatoarele:

- Eficienta energetica. Optimizarea eficientei energetice a actuatorilor portabile trebuie sa aiba ca rezultat reducerea consumului de energie si prelungirea duratei de viata a bateriei. Se recomanda utilizarea unor modele eficiente de motoare si algoritmi de control care reduc consumul de energie.
- Design compact, usor si reparabil. Actuatorile compacte si usoare reduc consumurile de materiale si energie, permitand in acelasi timp o integrare mai usoara in dispozitivul de purtare. Designul modular permite inlocuirea si repararea cu usurinta a componentelor, contribuie la reducerea consumurilor si la prelungirea duratei de viata.
- Design orientat catre utilizator. Actuatorile trebuie proiectate astfel incat sa se asigure satisfacerea diferitelor nevoi ale diferitilor utilizatori si probabilitatea eliminarii premature a dispozitivului de purtare sau utilizarea insuficienta a acestuia.
- Eliminare si reciclare. Ca si in cazul senzorilor si dispozitivelor de stocare a energiei, proiectarea actuatorilor trebuie sa fie realizata in considerarea posibilitatii de reciclare si/sau reutilizare a acestora la sfarsitul duratei de viata.

Concluzii

Conceptia de baza in eco-proiectarea senzorilor portabili, actuatorilor si sistemelor de stocare a energiei implica:

(i) selectarea de materii prime netoxice, reutilizabile si reciclabile, precum si proiectarea acestora astfel incat sa poata fi posibila dezamblarea componentelor la sfarsitul ciclului de viata si gestionarea durabila a deseurilor.

(ii) dezvoltarea de sisteme care ofera eficienta energetica.

(iii) utilizarea de tehnologii care garanteaza o durata de viata prelungita si posibilitate de reparare a componentelor.

(iv) dezvoltarea de produse (imbracaminte si echipamente de protectie cu senzoriactuatori/dispozitive de stocare a energiei integrati) cu grad adecvat de confort.

Bibliografie

1. Kong L, et.al., 2022, A life-cycle integrated model for product eco-design in the conceptual design phase, *J. Cleaner Production*, 362, 132516.
2. Van der Velden, N., Kuusk, K. and Kohler, A., 2015. Life cycle assessment and eco-design of smart textiles: The importance of material selection demonstrated through e-textile product redesign, *Materials and design*, 84, p.p. 313-324.
3. Kohler, a., Hilty, L., and Bakker, C., 2011. Prospective Impacts of Electronic Textiles on Recycling and Disposal, *J. Ind. Ecology* 15(4), p.p. 496-511.
4. Kohler, A., et. al., 2012. Life cycle assessment and eco-design of a textile-based large-area sensor system , *Joint International Conference and Exhibition on Electronics Goes Green 2012+*, ECG 2012, 9-12 September 2012, Code 94718, Article number 6360445
5. Liman, Md.L.R., and Islam, M.T., 2022, "Emerging washable textronics for imminent e-waste mitigation: Strategies, reliability, and perspectives", *J. of Materials Chemistry*, 10(6), pp.2697-2735.
6. Schischke, K., Nissen, N.F., and Schneider-Ramelow, M., 2020. Flexible, stretchable, conformal electronics, and smart textiles: Environmental life cycle considerations for emerging applications, *MRS Communications*, 10(1), p.p. 69-82.
7. Dulal, M. et.al., 2022, Toward Sustainable Wearable Electronic Textiles , *ACS Nano*, 16(12), (p.p. 19755-19788.
8. Qing, L. et.al., 2022, The Status Quo and Prospect of Sustainable Development of Smart Clothing, *Sustainability*, 14(2), 990.
9. Butturi, M.A., et.al., 2021, Circular design options for wearables integrated sportswear to be employed in adverse outdoor conditions, *Proceedings of the Summer School Francesco Turco2021*, 26th Summer School Francesco Turco, 8-10 September 2021, Code 271549
10. Bagherzadeh R. et al. Wearable and flexible electrodes in nanogenerators for energy harvesting, tactile sensors, and electronic textiles: novel materials, recent advances, and future perspectives. *Materials Today Sustainability*. 2022, 20, 100233.

Capitolul 20: Co-designul senzorilor smart și integrarea în EIP pentru pericole chimice și biologice

Olga Papadopoulou, CRETHIDEV, Greece

Rezumat

Acest capitol prezintă aspectele fundamentale care sunt implicare în co-designul senzorilor inteligenți de înaltă performanță pentru EIP, utilizați pentru detectarea pericolelor chimice și biologice în diverse medii de lucru. Au fost evidențiate diferite tipuri de senzori chimici și biologici pentru EIP (măști faciale, aparate respiratorii, mănuși și îmbrăcăminte), pentru a evidenția progresul tehnologic, criteriile de selecție și evaluare și potențialele anumitor categorii de materiale funcționale și tehnici de detectare.

Introducere

Co-designul senzorilor inteligenți integrați în echipamentele de protecție personală (EIP) se bazează pe dezvoltarea rapidă a ingineriei materialelor, precum și de internetul obiectelor (IoT), de calcul, de algoritmi, de inteligența ambientală, de învățare automată și de inteligența artificială [1, 2]. Inovațiile introduse în EIP îmbunătățesc condițiile de securitate și sănătate pentru multe categorii de lucrători care se confruntă cu pericole pentru sănătate și viață în ocupația lor de zi cu zi. Profesioniștii angajați în sectorul producției din industria grea și ușoară, în domeniul cercetării și industriei chimice, farmaceutice și biotehnologice, în sectorul agroalimentar, în sectorul medical, în sectorul securității și criminalistică sunt câteva categorii indicative de utilizatori finali ai echipamentelor individuale de protecție inteligente având o nevoie deosebită de tehnologii de detectare care să-i protejeze împotriva pericolelor chimice și biologice. Pe lângă dispozitivele portabile de detecție, îmbrăcămintea, măștile faciale și mănușile cu senzori inteligenți au fost concepute pentru a satisface nevoile speciale ale utilizatorilor specializați.

Concepte de bază pentru design

Sondajele care vizează atât grupuri specifice de profesioniști (de exemplu, pompieri, mineri, personal din domeniul sănătății), cât și experți în siguranță sau evaluatori externi care sunt la curent cu cele mai recente tehnologii, evidențiază nevoile care ar trebui să fie luate în considerare de către proiectanții EIP și servesc, de asemenea, scopurilor de evaluare în laborator și pe teren, testarea produselor [3].

Materialele de detectare flexibile și receptive pot oferi funcționalități mecanice, termice, electrice, optice, chimice, biologice și anti-radiații pentru EIP [4, 5]. În cazul senzorilor

chimici și biologici, pericolele la locul de muncă care trebuie abordate sunt substanțele chimice și toxicele (solide, lichide, gaze), particulele contaminante, fluidele biologice, agenții patogeni și toxine. Tehnologia de integrare a senzorilor în EIP este un pas important către dezvoltarea produsului, implicând tratamente textile avansate și procese de fabricație. Alimentarea cu energie și utilizarea senzorilor inteligenți care colectează și stochează energia autoalimentându-se este poate cel mai provocator aspect de proiectare [6]. Aceste sisteme ar trebui să prezinte compatibilitate cu materialele textile selectate și senzorii să ofere suficientă autonomie. Alte criterii importante de proiectare menționate de Basodan și colab. [3] sunt ergonomia, interfața și interacțiunea cu utilizatorul, și facilitarea conexiunii și a comunicării cu un mediu de lucru inteligent.

Performanța senzorilor proiectați este evaluată în termeni de selectivitate, acuratețe și precizie în limite de detecție determinate și, desigur, se așteaptă să ofere o repetabilitate satisfăcătoare [6].

Aplicații și caracteristici ale senzorilor chimici inteligenți

Cele mai frecvent utilizate tipuri de senzori chimici sunt sistemele optice miniaturizate, electrochimice, sensibile la masă, electrice, paramagnetice și sisteme de monitorizare încorporate sau atașate pe EIP. Mai multe subdiviziuni ale acestor categorii pot fi regăsite în literatură, fiecare dintre acestea fiind legată de principiul unui fenomen fizic/chimic sau modificarea unei proprietăți fizico-chimice/electrice măsurată printr-o anumită tehnică [6]. Microdispozitivele electrice care pot colecta energia din diferite surse și filtrele se utilizează pentru detectarea gazelor toxice și a compușilor organici volatili (CO, CO₂, H₂S, SO₂, NO_x, NH₃, HCN, acetonă, metanol, etanol etc.) sau particule în suspensie. CNTs, nanoparticulele de Zn și grafenul sunt materiale tipice folosite pentru a absorbi gaze și vapori și pot sprijini proiectarea ca senzori specifici pentru gaz dacă sunt integrate în măști și aparate respiratorii inteligente [4].

Senzorii integrați în mănuși facilitează prelevarea de probe de pe diferite suprafețe și dau rezultate rapide fie prin indicații optice, fie după analize in situ cu dispozitive mobile. Probele atașate la senzorii electrochimici – acționând ca electrod de lucru – sunt conectate la o configurație cu trei electrozi și un potențostat miniatural, furnizând voltamograme. Ambii senzori optici și electrochimici de pe mănuși au fost dezvoltați pentru detectarea substanțelor chimice toxice (cum ar fi fentanilul și trifluralinul) și a pesticidelor pe suprafețele legumelor și fructelor. Adezivii hidrofilii special concepuți pe vârful degetelor mănușilor inteligente cu indicatori de culoare sunt capabili să asiste la detectarea oligoelementelor Cu²⁺, Ni²⁺, Cr⁶⁺ în probele de apă [2]. Kazemi și colab. [7] au proiectat un sistem de detecție a EIP portabil pentru detectarea picăturilor de soluție chimică apoasă periculoasă. Senzorul este format dintr-o antenă atașată din material textil hidrofob și o unitate de monitorizare la distanță. Autorii subliniază că, după modificări adecvate, acest principiu de detecție ar putea fi utilizat și pentru detectarea altor substanțe chimice

periculoase solide, lichide și gazoase. De asemenea, o gamă largă de sisteme de senzori similare celor pentru mănuși, caracteristicile lor, aplicațiile și perspectivele viitoare au fost subliniate de Tsong și colab. [2]. Progresele tehnologice ale generării și stocării energiei în senzorii chimici inteligenți au fost prezentate de Aaryashree și colab. [6]. Senzorii chimici în cadrul echipamentelor purtabile autonome din punct de vedere electric colectează și convertesc energia prin diverse metode, inclusiv utilizând baterii și supercondensatori, celule solare, generatoare piezoelectrice și triboelectrice, colectoare de energie termică etc. Energia stocată este utilizată pentru a alimenta senzorul și alte sisteme atașate, cum ar fi microcontrolerul și modul de comunicații pentru sisteme.

Aplicații și caracteristici pentru biosenzorii inteligenți

Cea mai simplă metodă de aplicare a protecției antimicrobiene pentru EIP este acoperirea materialelor polimerice și a fibrelor fie cu nanoparticule de Ag, fie cu macromolecule de azot-halogen (cum ar fi N-halamină), care dezinfectează suprafețele expuse ale EIP. Shi și colab. în articolul lor [4] au inclus și materiale funcționale receptive care sunt capabile să genereze specii reactive de oxigen care distrug sau dezactivează agenții patogeni. O adoptare interesantă a acestui tip de filtru, prezentată în perioada pandemiei COVID-19, utilizează nanofire de TiO₂, a căror activitate este catalizată de lumina vizibilă [8]. Senzorul poate fi integrat pentru a produce măști de protecție reutilizabile.

Senzorii biologici inteligenți de înaltă selectivitate integrați pe EIP, permit monitorizarea progresului bolilor și, cel mai important, expunerea la pericole biologice [9]. Principalele categorii de pericole biologice sunt: virusi, bacterii și toxine. În funcție de tipul de pericol, proiectarea senzorilor biologici inteligenți implementează tehnici precum testele imunosorbente legate de enzime (ELISA) și reacția de polimerizare în lanț (PCR) care permit screening-ul anumitor agenți patogeni. Senzorii electrochimici inteligenți de pe mănuși au fost dezvoltati pentru detectarea rapidă a *Pseudomonas aeruginosa*, în timp ce senzorii optici pot detecta bacterii precum *Escherichia coli* [2]. Nguyen și colab. [9] a dezvoltat un sistem de detectare biologică - potrivit pentru dispozitivele purtabile - pentru detectarea acizilor nucleici legați de agenți patogeni specifici, precum și a metaboliților. Acest sistem a fost folosit pentru proiectarea unui senzor SARS-CoV-2 integrat pe măștile faciale care detectează virusul în aerosolii emiși.

Concluzii

Abordarea designului pentru un anumit sistem de detectare integrat în EIP depinde atât de tipul de pericol, cât și de caracteristicile mediului de lucru și standardele de siguranță. Produsul final trebuie să fie confortabil și personalizat la nevoile lucrătorilor individuali și să ofere o detectare rapidă și precisă a pericolului. Pentru a realiza acest lucru, sunt necesari mai mulți pași cum ar fi studii înainte de proiectare și în timpul evaluării performanței, selectarea materialelor adecvate pentru senzori care sunt compatibile cu țesăturile din substraturile EIP și metodele de integrare, precum și încorporarea sistemelor eficiente de

generare a energiei. Pentru dezvoltarea produselor comerciale finale sunt necesare diferite etape de teste extinse de laborator și de utilizare. Producția în masă a senzorilor chimici și biologici extrem de selectivi este fezabilă pentru mai multe tipuri de pericole și multe sisteme noi de detectare promițătoare au fost dezvoltate la scară de laborator în ultimii trei ani și se află într-o fază experimentală. Proiectarea și fabricarea de senzori biologici inteligenți pentru EIP este, în general, considerată mai dificilă și era mai puțin avansată înainte de izbucnirea pandemiei de COVID-19.

Bibliografie

1. D. Podgórski, K. Majchrzycka, A. Dąbrowska, G. Gralewicz, M. Okrasa (2017), Towards a conceptual framework of OSH risk management in smart working environments based on smart PPE, ambient intelligence and the Internet of Things technologies, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23(1), pp.1-20, doi:10.1080/10803548.2016.1214431.
2. J. L. Tsong, R. Robert, S. M. Khor (2023), Emerging trends in wearable glove-based sensors: A review, *Analytica Chimica Acta*, 1262, 341277, doi: 10.1016/j.aca.2023.341277
3. R. A. M. Basodan, B. Park, H.-J. Chung (2021), Smart personal protective equipment (PPE):current PPE needs, opportunities for nanotechnology and e-textiles, *Flexible and Printed Electronics*, 6, 043004, doi:10.1088/2058-8585/ac3a9.
4. J. Shi, H. Li, F. Xu, X. Tao (2021), Materials in advanced design of personal protective equipment: a review, *Material Today Advances*, 12, 100171, doi: 10.1016/j.mtadv.2021.100171.
5. L. Chang, J. Li, F. Wang, J. Shi, W. Chen, X. Tao (2021), Flexible stimuli-responsive materials for smart personal protective equipment, *Materials Science & Engineering R*, 146, , 100629, doi:10.1016/j.mser.2021.100629.
6. Aaryashree , S. Sahoo, P. Walke, S. K. Nayak, C. S. Rout, D. J. Late (2021), Recent developments in self-powered smart chemical sensors for wearable electronics, *Nano-research*, 14(11), pp. 3669-3689, doi:10.1007/s12274-021-3330-8.
7. K. K. Kazemi, T. Zrifi, M. Mohseni, R. Narang, K. Golovin, M. H. Zarifi (2021), Smart superhydrophobic textiles using a long-range antenna sensor for hazardous aqueous droplet detection plus prevention, *ACS Applied Materials & Interface*, 13(29), pp.34877-34888. Doi:10.1021/acsmi.1c07880.
8. E. Horváth, L. Rossi, C. Mercier, C. Lehmann, A. Sienkiewicz, L. Forró (2020), Photocatalytic Nanowires-Based Air Filter: Towards Reusable Protective Masks, *Advanced Functional Materials*, 30(40), 2004615, doi: 10.1002/adfm.202004615.
9. P. Q. Nguyen, L.R. Soenksen, N. M. Donghia, N. M. Angenent-Mari, H. De Puig, A. Huang, R. Lee, S. Slomovic, T. Galbersanini, G. Lansberry, H. M. Sallum, E. M. Zhao, J. B. Niemi, J. J. Collins (2021), Wearable materials with embedded synthetic biology sensors for

biomolecule detection, Nature Biotechnology, 39, pp.1366-1374, doi:10.1038/s41587-021-00950-3.

Capitolul 21: Orientarea producției de senzori și actuatori către utilizatorul final

Olga Papadopoulou, CRETHIDEV, Greece

Rezumat

Principiile de baza ale proiectarii senzorilor si dispozitivelor de actionare inteligente din EIP, centrate pe utilizatorul final sunt prezentate impreuna cu stadiul tehnicii privind cultura sigurantei locului de munca si managementul riscurilor. Sunt evidentiata perspectivele de integrare a inteligentei ambientale si problemele asociate diferitelor stadii de dezvoltare ale tehnologiilor de fabricatie.

Introducere

In ultimii ani, aparitia si evolutia tehnologiilor de fabricatie a senzorilor si dispozitivelor de actionare inteligente, productia de prototipuri inteligente EIP si proiectarea sistemelor avansate de monitorizare si integrare computationala au fost remarcabile. Pe de alta parte, procesele de productie industriala bazate pe o abordare centrata pe utilizatorul final nu sunt inca bine stabilite, iar literatura stiintifica si tehnica relevanta este limitata. Acest capitol prezinta pe scurt liniile directe pe baza carora ar trebui dezvoltate tehnologiile de productie a componentelor portabile si caracteristicile asteptate ale EIP inteligente si personalizate, in contextul mediului de lucru inteligent.

Provocări în producția de componente inteligente EIP centrate pe utilizatorul final

Dupa cum a fost deja descris in capitolele anterioare, proiectarea tuturor tipurilor de senzori inteligenti pentru EIP ar trebui sa se bazeze in primul rând pe cerintele de securitate si sanatate in munca si pe conditiile mediului de lucru ale grupurilor profesionale care sunt considerate utilizatori finali.

In plus, un design centrat pe utilizatorul final ar trebui sa asigure confort (prin intermediul unei ergonomii personalizate), sa permita setari personalizate bazate pe nevoile personale, preferintele si pe riscul aparent de expunere si sa faciliteze comunicarea interactiva cu sistemele de monitorizare si control. Pandemia COVID-19 a accelerat progresul in ceea ce priveste EIP inteligent pentru lucratorii din domeniul sanatatii. Manganda si colab. [1], prezinta un exemplu de EIP cu senzor reglabil pentru utilizatori individuali. O masca faciala centrata pe utilizatorul final a fost realizata prin combinarea tehnologiei de imprimare 3D si a instrumentelor de detectare IoT.

Integrarea senzorilor si dispozitivelor de actionare centrate pe utilizatorul final in mediile de inteligenta ambientala reprezinta un pas inainte in crearea unui mediu de lucru inteligent. Au fost dezvoltate diverse sisteme si retele de calcul care au fost concepute pentru a monitoriza datele transmise de produsele portabile, a interconecta componentele inteligente, a procesa datele si a evalua riscurile de mediu. Bernal si colab. [2] a dezvoltat si prezentat o platforma de siguranta pentru industria energetica, care asigura monitorizarea in timp real si interactiunea cu componentele EIP portabile. Acest sistem a fost proiectat pentru a sustine dispozitivele portabile inteligente centrate pe utilizator. O alta publicatie a lui Adjiski si colab. [3] prezinta un sistem de siguranta dezvoltat pentru a raspunde nevoilor industriei miniere si pentru a proteja lucratorii impotriva conditiilor dure de lucru subterane si a potentialelor accidente care, astfel, pot fi prevenite. Sistemul este compus din:

- EIP (imbracaminte, ochelari de protectie, caschete) cu senzori multipli atasati in scopul detectarii pericolelor de mediu (fum, caldura si nivel de zgomot, gaze toxice) si camere.
- un ceas inteligent pentru monitorizarea indicatorilor vitali de sanatate, a locatiei si a vitezei de miscare, prevazut cu detector magnetic de metale,

toate conectate prin senzori bluetooth la un smartphone. Autorii au descris arhitectura prototipului, siguranta si informatiile personalizate care ar ajuta la evacuare si salvare in caz de accident.

Designul EIP functionalizat bazat pe inovatiile din domeniile textilelor inteligente, senzorilor, dispozitivelor de actionare si tehnologiilor de fabricatie si integrare de ultima generatie prezinta o complexitate foarte mare. O confirmare clara a acestui fapt este inlocuirea fostei directive UE 89/686/CEE care descrie specificatiile, cerintele tehnice si procedurile de certificare pentru EIP de productie comerciala [4], cu regulamentul UE 2016/425 [5]. Este de inteles ca productia de EIP inteligent si personalizat implica provocari tehnice si computationale suplimentare care trebuie abordate prin adaptarea diferitelor concepte de design sofisticate si prioritati.

Tendințele recente în managementul riscului SSM și ghiduri pentru tehnologiile de producție a EIP

In studiul elaborat de Podgórski si colab. [6] au fost prezentate noile abordari ale strategiilor de management al securitatii si sanatatii in munca. Prioritatile actuale ale managementului sanatatii si securitatii in munca (SSM) se reflectata si in tehnologiile de productie a tuturor tipurilor de senzori si dispozitive de actionare inteligente EIP, fiind –orientate spre:

- Evaluarea dinamica si in timp real a riscurilor in mediul de lucru si minimizarea acestora;
- Protectia personalizata a lucratorilor functie de nivelurile de expunere la anumite pericole.

Conform celor prezentate de Stephanidis [7], conceptul cheie al designului centrat pe utilizator consta in crearea unui produs interactiv, usor de utilizat, care inglobeaza experienta utilizatorului. In acest scop, proiectantul ar trebui sa procedeze conform urmatorului algoritm de lucru:

- „Immersie” in contextul utilizarii produsului si al colectarii de informatii directe despre profilurile profesionale ale utilizatorului si nevoile specifice ale acestora;
- Determinarea de catre potentialii clienti (organizatii) si utilizatorii finali a functionalitatii produsului, a specificatiilor si cerintelor specifice impuse;
- Realizarea unei serii de prototipuri;
- Evaluarea si feedbackul utilizatorilor.

Pentru a sprijini designul si productia de masa a senzorilor si dispozitivelor de actionare inteligente, conceptele mentionate anterior trebuie analizate si inserate in mod creativ in viitoarele tehnologii de productie a EIP inteligente, personalizate. Un produs final centrat pe utilizatorul final este dependent de: (i) sondaje si interviuri realizate in timpul diferitelor faze de realizare a prototipului, inclusiv in cele de design, productie si gestionare a produsului comercial (la scara de laborator si industrial), (ii) faze consecutive de testare si dezvoltare de produse, (iii) proceduri de training si (iv) sisteme suport temporare si accesibile pentru fiecare loc de munca si fiecare profesionist in parte [6].

Concluzii

Procedurile de proiectare si tehnologiile de fabricatie disponibile nu sunt suficient de mature pentru a sustine productia in masa a EIP-urilor inteligente, multicomponente, centrate pe utilizatorul final, care sa raspunda cerintelor foarte exigente impuse de normele SSM specifice unor sectoare economice si specialistilor care activeaza in domeniul securitatii muncii. Cele mai importante puncte slabe sunt reprezentate de:

- dificultatea in incorporarea efectiva a unor sisteme computationale si mecanice suplimentare, necesare personalizarii in cazul utilizatorilor individuali;
- lipsa unor tehnologii de integrare bine definite care sa asigure compatibilitatea intre mai multe componente ale EIP (materiale inteligente, dispozitive electronice);
- cadrul tehnic si legal incomplet pentru testarea standard si autorizarea fabricatiei de produse comerciale.

Bibliografie

1. A. Manchanda, K. Lee, G. D. Poznanski, A. Hassani (2023), Automated adjustment of PPE masks using IoT sensor fusion, *Sensors*, 23, 1711, doi: 10.3390/s23031711.

2. G. Bernal, S. Colombo, M. Al Ai Baky, F. Vasalegno, Safety++: Designing IoT and Wearable Systems for Industrial Safety through a User Centered Design Approach, PETRA '17: Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, June 2017, pp. 163–170, doi:10.1145/3056540.3056557.
3. V. Adjiski, Z. Despodov, D. Mirakovski, D. Serafimovski (2019), The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin, pp.37-44, doi:10.17794/rgn.2019.14.
4. J. Geršak, M. Marčič (2013), The complex design concept for functional protective clothing, Tekstil, 62(1-2), pp.38-44
5. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/425/oj>
6. D. Podgórski, K. Majchrzycka, A. Dąbrowska, G. Gralwicz, M. Okrasa (2017), Towards a conceptual framework of OSH risk management in smart working environments based on smart PPE, ambient intelligence and the Internet of Things technologies, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 23(1), pp.1-20, doi:10.1080/10803548.2016.1214431.
7. C. Stephanidis, Human factors in ambient intelligence environments, In: G. Salvendy (ed.), Handbook of human factors and ergonomics, Hoboken, New Jersey & Canada: Wiley, 2012, pp. 1354–1373.

