



Intellectual Output IO4: eBook

ΒΙΒΛΙΟ ΚΑΛΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΑΠΟ ΚΛΩΣΤΟΪΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΩΣ ΤΟΝ ΤΕΛΙΚΟ ΧΡΗΣΤΗ

Επιμέλεια:

Γεώργιος Πρινιωτάκης, ΠΑΔΑ
(UNIWA)

Ιωάννης Χρόνης, ΠΑΔΑ (UNIWA)

Η υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την παραγωγή αυτού του ηλεκτρονικού βιβλίου (ebook) δεν συνιστά έγκριση του περιεχομένου που αντικατοπτρίζει μόνο τις απόψεις των συγγραφέων και η Επιτροπή δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτό.



CC BY 4.0; Συνεργάτες Κοινοπραξίας έργου DIGITEX.

Η κάθε αναφορά πρέπει να περιλαμβάνει; "Κεφάλαιο βιβλίου", συγγραφείς, ΒΙΒΛΙΟ ΚΑΛΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΑΠΟ ΚΛΩΣΤΟΪΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΩΣ ΤΟΝ ΤΕΛΙΚΟ ΧΡΗΣΤΗ", Γεώργιος Πρινιωτάκης και Ιωάννης Χρόνης, επιμέλεια, Πρόγραμμα DIGITEX Erasmus+ Project (2020-1-RO01-KA226-HE-095335), 2021-2023, pp. x-y.

Όλα τα εμπορικά σήματα και άλλα δικαιώματα σε προϊόντα τρίτων που αναφέρονται ή παρουσιάζονται σε αυτό το έγγραφο αναγνωρίζονται και ανήκουν στους αντίστοιχους κατόχους.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το έργο DigiTEX στοχεύει στην υποστήριξη καινοτόμων προσεγγίσεων και τεχνολογιών ψηφιακής μάθησης για την επιτάχυνση της καινοτομίας, της διδασκαλίας και της μάθησης στον τομέα του σχεδιασμού, του ποιοτικού ελέγχου και της κατασκευής καινοτόμων προηγμένων προϊόντων για εφαρμογή στον χώρο της υγειονομικής περίθαλψης (προστατευτικός εξοπλισμός, φορητές συσκευές παρακολούθησης), ιατρικής, προστατευτικού εξοπλισμού, αισθητηρίων και έξυπνων τρισδιάστατων υφασμάτων στο πλαίσιο της ψηφιακής οικονομίας.

Αυτό το βιβλίο είναι Διανοητικό Προϊόν (No 4) του έργου DIGITEX. Καλύπτει μια σειρά από βέλτιστες πρακτικές που έχουν σχεδιαστεί και αναπτυχθεί στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης και των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων προστασίας, παρέχοντας επίσης την άποψη του τελικού χρήστη για τα προϊόντα, καθώς και τις δυνατότητες επιτυχίας στην αγορά.

Το βιβλίο έχει ως στόχο να λειτουργήσει ως εισαγωγή στις συγκεκριμένες εφαρμογές, μια επισκόπηση περιπτώσεων που υπάρχουν ήδη και έχουν ενδιαφέρον για τον κλάδο, καθώς και τις διαδικασίες καινοτομίας που πρέπει να εφαρμοστούν, προκειμένου να σχεδιαστούν και να αναπτυχθούν σχετικές τεχνολογίες και εφαρμογές.



Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|----|
| Κεφάλαιο 1: Εξέλιξη κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων με αισθητήρες | 8 |
| <i>Εισαγωγή</i> | 8 |
| <i>Κλωστοϋφαντουργικοί αισθητήρες πρώτης γενιάς</i> | 9 |
| <i>Κλωστοϋφαντουργικοί αισθητήρες δεύτερης γενιάς</i> | 11 |
| <i>Κλωστοϋφαντουργικοί αισθητήρες τρίτης γενιάς</i> | 12 |
| Κεφάλαιο 2: Απαιτήσεις κλωστοϋφαντουργικών υλικών για αισθητήρες, ενεργοποιητές, μπαταρίες και φορητές συσκευές | 15 |
| <i>Εισαγωγή</i> | 15 |
| <i>Αισθητήρες</i> | 15 |
| <i>Ενεργοποιητές</i> | 16 |
| <i>Μπαταρίες</i> | 16 |
| <i>Εύκαμπτες φορητές συσκευές</i> | 18 |
| <i>Εφαρμογές</i> | 18 |
| Κεφάλαιο 3: Συν-σχεδίαση αισθητήρων και ενσωμάτωση σε προϊόντα προσωπικού προστατευτικού εξοπλισμού (PPE) για προστασία από το νερό και τη φωτιά | 21 |
| <i>Εισαγωγή</i> | 21 |
| <i>Έξυπνοι αισθητήρες για ΜΑΠ φωτιάς/νερού</i> | 23 |
| <i>Συν-σχεδίαση εξοπλισμού ατομικής προστασίας φωτιάς/νερού</i> | 24 |
| <i>Ενσωμάτωση αισθητήρων σε ΜΑΠ για πυροπροστασία</i> | 25 |
| <i>Ενσωμάτωση αισθητήρα σε ΜΑΠ για προστασία από το νερό</i> | 26 |
| Κεφάλαιο 4: Συν-σχεδίαση έξυπνων αισθητήρων και ενσωμάτωσή σε ιατρικές συσκευές | 27 |
| <i>Εισαγωγή</i> | 27 |



| | |
|---|-----------|
| <i>Έξυπνοι αισθητήρες για υγειονομική περίθαλψη</i> | <i>28</i> |
| <i>Συν-σχεδίαση έξυπνων αισθητήρων βιοιατρικής</i> | <i>29</i> |
| Κεφάλαιο 5: Συν-σχεδίαση Co-design of actuators-based textiles for rehabilitation | 33 |
| <i>Εισαγωγή</i> | <i>33</i> |
| <i>Ενεργοποιητές και ταξινόμηση εύκαμπτων ενεργοποιητών</i> | <i>35</i> |
| <i>Εφαρμογή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων με ενεργοποιητές σε προϊόντα αποκατάστασης</i> | <i>36</i> |
| <i>Συμπεράσματα</i> | <i>42</i> |
| Κεφάλαιο 6: Συσκευές συγκομιδής ενέργειας βασισμένες σε κλωστοϋφαντουργικά ηλεκτρόδια..... | 45 |
| <i>Εισαγωγή</i> | <i>45</i> |
| <i>Τύποι και κατασκευή συσκευών συγκομιδής ενέργειας</i> | <i>45</i> |
| Κεφάλαιο 7: Απαιτήσεις και προοπτική των τελικών χρηστών στην επιλογή των έξυπνων προϊόντων..... | 51 |
| <i>Εισαγωγή</i> | <i>51</i> |
| <i>Απαιτήσεις τελικού χρήστη και προοπτική των έξυπνων προϊόντων</i> | <i>53</i> |
| <i>Συμπεράσματα</i> | <i>56</i> |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – Παράγοντες επιρροής για τη χρηστικότητα και την αποδοχή των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που είναι ενσωματωμένα σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα | 60 |
| <i>Παράγοντες επιρροής για τη χρηστικότητα και την αποδοχή των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που είναι ενσωματωμένα σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.....</i> | <i>61</i> |
| Κεφάλαιο 9: Άνεση έξυπνων προϊόντων με αισθητήρες - αντικειμενική και υποκειμενική ανάλυση για έξυπνα υφάσματα..... | 65 |
| <i>Εισαγωγή</i> | <i>65</i> |
| <i>Παράγοντες που επηρεάζουν την αισθητηριακή άνεση.....</i> | <i>67</i> |
| <i>Αντικειμενική εκτίμηση της αίσθησης του υφάσματος (αισθητηριακή άνεση) .</i> | <i>68</i> |



| | |
|---|-----|
| Υποκειμενική εκτίμηση της άνεσης υφασμάτων | 70 |
| Συμπεράσματα | 74 |
| Αναφορές..... | 74 |
| Κεφάλαιο 10 - Δεοντολογία και απαιτήσεις για έξυπνους αισθητήρες και ενεργοποιητές, ενσωματωμένους σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα..... | 77 |
| Κανονισμός της ΕΕ για την προστασία δεδομένων – GDPR..... | 77 |
| Δεδομένα ασφαλείας..... | 78 |
| Τεχνολογίες και ασφάλεια αγώγιμων υφασμάτων | 80 |
| Πρακτικές περιπτώσεις | 82 |
| Συμπεράσματα | 83 |
| Κεφάλαιο 12: Δημιουργικές μέθοδοι για συν-σχεδίαση (co-design) έξυπνου κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος..... | 95 |
| Εισαγωγή | 95 |
| Δημιουργικές μέθοδοι συν-σχεδίασης..... | 98 |
| Κλωστοϋφαντουργικά υλικά για «έξυπνη» ένδυση..... | 100 |
| Συμπεράσματα | 102 |
| Κεφάλαιο 13: Συν-σχεδίαση έξυπνων αισθητήρων και ενσωμάτωση σε προϊόντα ΜΑΠ για στρατιωτικές εφαρμογές | 103 |
| Αισθητήρες καταπόνησης | 105 |
| Η μέτρηση της δύναμης με αισθητήρες παραμόρφωσης..... | 106 |
| Κεφάλαιο 14: Συν-σχεδίαση υλικών αισθητήρων με βάση ενεργοποιητές | 110 |
| Παράγοντες που επηρεάζουν την άνεση του υφάσματος..... | 111 |
| Ιδιότητα εφελκυστικής αντοχής υφαντών υφασμάτων..... | 112 |
| Αντίσταση των υφαντών υφασμάτων στο σχίσσιμο..... | 114 |
| Πάχος και συμπεριφορά στις δυνάμεις συμπίεσης υφαντών υφασμάτων..... | 114 |
| Άνεση υφασμάτων | 114 |
| Συμπεράσματα | 115 |



| | |
|--|------------|
| Κεφάλαιο 15: Εθνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για τα έξυπνα προϊόντα, τους αισθητήρες και τα φορέσιμα προϊόντα | 116 |
| <i>Συστάσεις πολιτικής</i> | <i>116</i> |
| <i>Προσαρμογή ρυθμιστικού πλαισίου στην τεχνολογία φορέσιμων προϊόντων</i> | <i>117</i> |
| <i>Ρύθμιση του κόστους περιαγωγής</i> | <i>119</i> |
| <i>Ενθάρρυνση της ενσωμάτωσης φορητής τεχνολογίας σε ιατρικές συσκευές</i> | <i>119</i> |
| <i>Συμπεράσματα</i> | <i>120</i> |
| Κεφάλαιο 16: Συνθετική ανάλυση – κλωστοϋφαντουργικοί αισθητήρες, φορέσιμα προϊόντα | 122 |
| <i>Εισαγωγή</i> | <i>123</i> |
| <i>Ανάλυση έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων</i> | <i>123</i> |
| <i>Μοντέλο σχεδιασμού για έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα</i> | <i>125</i> |
| <i>Συμπέρασμα</i> | <i>126</i> |
| Κεφάλαιο 17: Δυναμική αγοράς για έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα με ηλεκτρονικά στοιχεία | 129 |
| <i>Δυνατότητες αγοράς</i> | <i>129</i> |
| <i>Κοινωνικές δυνατότητες</i> | <i>131</i> |
| <i>Δυναμική της αλυσίδας αξίας</i> | <i>133</i> |
| Κεφάλαιο 18: Δυναμική της αγοράς για κλωστοϋφαντουργικούς αισθητήρες .. | 136 |
| <i>Πρόσφατες εξελίξεις στα Έξυπνα Ενδύματα</i> | <i>136</i> |
| <i>Ενδύματα με αισθητήρες</i> | <i>139</i> |
| Κεφάλαιο 19: Οικολογικός σχεδιασμός για αισθητήρες, μπαταρίες και ενεργοποιητές | 145 |
| <i>Περίληψη</i> | <i>145</i> |
| <i>Εισαγωγή</i> | <i>145</i> |
| <i>Επιλογή Υλικών</i> | <i>146</i> |
| <i>Κυκλικός σχεδιασμός και αξιολόγηση κύκλου ζωής</i> | <i>146</i> |



| | |
|--|------------|
| <i>Ενεργειακή απόδοση και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας</i> | <i>147</i> |
| <i>Οικολογικός σχεδιασμός φορετών αισθητήρων</i> | <i>148</i> |
| <i>Οικολογικός σχεδιασμός φορετών μπαταριών, συσκευών αποθήκευσης και συλλογής ενέργειας.....</i> | <i>148</i> |
| <i>Οικολογικός σχεδιασμός φορετών ενεργοποιητών</i> | <i>150</i> |
| <i>Συμπεράσματα</i> | <i>150</i> |
| Κεφάλαιο 20: Συν-σχεδιασμός έξυπνων αισθητήρων και ενσωμάτωση σε μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) για χημικούς και βιολογικούς κινδύνους | 152 |
| <i>Περίληψη.....</i> | <i>152</i> |
| <i>Εισαγωγή</i> | <i>152</i> |
| <i>Βασικές ιδέες σχεδίασης.....</i> | <i>153</i> |
| <i>Εφαρμογές και χαρακτηριστικά έξυπνων χημικών αισθητήρων</i> | <i>153</i> |
| <i>Εφαρμογές και χαρακτηριστικά έξυπνων βιολογικών αισθητήρων</i> | <i>155</i> |
| <i>Συμπεράσματα</i> | <i>155</i> |
| Κεφάλαιο 21: Παραγωγή έξυπνων αισθητήρων και ενεργοποιητών με επίκεντρο τον τελικό χρήστη | 158 |
| <i>Περίληψη.....</i> | <i>158</i> |
| <i>Εισαγωγή</i> | <i>158</i> |
| <i>Προκλήσεις στην παραγωγή έξυπνων εξαρτημάτων ΜΑΠ με επίκεντρο τον τελικό χρήστη</i> | <i>158</i> |
| <i>Πρόσφατες τάσεις στη διαχείριση κινδύνου στο πλαίσιο της υγείας και ασφάλειας στην εργασία (ΥΑΕ) & κατευθυντήριες γραμμές για τεχνολογίες παραγωγής ΜΑΠ</i> | <i>160</i> |
| <i>Συμπεράσματα</i> | <i>161</i> |



Κεφάλαιο 1: Εξέλιξη κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων με αισθητήρες

*Ιωάννης Χρόνης, Γεώργιος Πρινιωτάκης, Αθανάσιος Παναγιωτόπουλος,
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής (Πα.Δ.Α.), Ελλάδα*

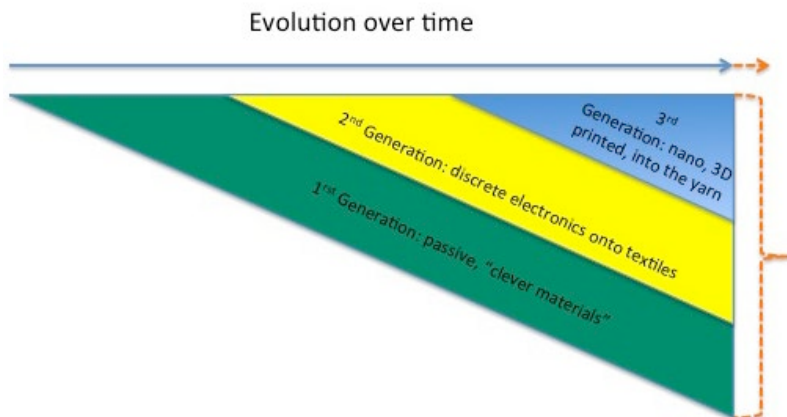
Εισαγωγή

Η έρευνα στον επιστημονικό τομέα των αισθητήρων κλωστοϋφαντουργίας χρονολογείται πριν από μερικές δεκαετίες και έρχεται στο προσκήνιο μαζί με την εξέλιξη των λεγόμενων Smart Textiles (έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα), Wearables (φορητές συσκευές) και e-Textiles (ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα). Η αρχή έγινε με την εισαγωγή σε νήματα και υφάσματα, μη συμβατικών υλικών που αλλάζουν ιδιότητες σύμφωνα με εξωτερικά ερεθίσματα.

Τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και τα είδη ένδυσης είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα εμπορικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται σε άμεση επαφή με το ανθρώπινο σώμα, έτσι η ικανότητα του ενδύματος να μεταδίδει πληροφορίες στον άνθρωπο θεωρήθηκε όχι μόνο πολύ χρήσιμη για τους τελικούς χρήστες, αλλά και πολλά υποσχόμενη και ελκυστική από άποψη μάρκετινγκ. Οι κλωστοϋφαντουργικοί αισθητήρες αποτελούν ένα από τα ζωτικής σημασίας συστατικά στοιχεία ενός έξυπνου υφάσματος και είναι περιττό να διευκρινίσουμε περαιτέρω ότι η εξέλιξη των κλωστοϋφαντουργικών αισθητήρων συμβαδίζει με την εξέλιξη των έξυπνων υφασμάτων γενικά.

Στο υπόλοιπο αυτού του κεφαλαίου διακρίνουμε τρεις γενιές κλωστοϋφαντουργικών αισθητήρων (Εικόνα 1.1), ωστόσο θα πρέπει να καταστήσουμε σαφές ότι όλες αυτές οι τεχνολογίες εξακολουθούν να εξελίσσονται

και οι εφαρμογές εξακολουθούν να αναπτύσσονται, με πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα και για τις τρεις γενιές που περιγράφονται.



Εικόνα 1.1. Χρονική εξέλιξη κλωστοϋφαντουργικών αισθητήρων

Κλωστοϋφαντουργικοί αισθητήρες πρώτης γενιάς

Η πρώτη γενιά κλωστοϋφαντουργικών αισθητήρων ορίζεται από υλικά που θα μπορούσαν να δημιουργήσουν ένα απλό και χαμηλής ποιότητας σήμα/πληροφοριακό σήμα, όπως αλλαγή του σχήματος ή του χρώματος του υφάσματος μετά από μια αλλαγή (ερέθισμα) στο περιβάλλον του. Αυτή η αισθητήρια ικανότητα αποδόθηκε σε νέα υλικά της εποχής εκείνης, το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα των οποίων είναι τα πολυμερή μνήμης σχήματος, τα υλικά χρωμικής αλλαγής και αλλαγής φάσης κ.λπ. Αυτά τα υλικά είναι παθητικά: δεν απαιτείται τροφοδοσία ρεύματος, ούτε Σύστημα εισόδου/Μονάδας Επεξεργασίας/ εξόδου και λειτουργεί ταυτόχρονα ως αισθητήρας και ως ενεργοποιητής από την άποψη ενός τυπικού συστήματος αυτοματισμού.

Τα υλικά αλλαγής φάσης (Phase Changing Materials) έχουν την ικανότητα να αλλάζουν φάση, ανάλογα με τη θερμοκρασία, συνήθως από στερεό σε υγρό και αντίστροφα. Τα πιο κοινά υλικά που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι οι στερεοί υδρογονάνθρακες (κεριά), οι οποίοι περιέχονται σε αφρούς ή μικροκάψουλες και προστίθενται στο ύφασμα ως στρώση (layering) ή με υγρή



κλωστοποίηση. Αυτά τα υλικά λειτουργούν τόσο ως αισθητήρες, όσο και ως ενεργοποιητές και συνήθως χρησιμοποιούνται για ενδύματα τα οποία παρέχουν θερμότητα ανάλογα με την θερμοκρασία περιβάλλοντος (fibre2fashion, 2022, Mondal, 2008).

Τα πολυμερή μνήμης σχήματος είναι οργανικά πολυμερή που μπορούν να τροποποιήσουν το σχήμα τους σύμφωνα με ένα ερέθισμα, όπως η θερμότητα, το pH, η ακτινοβολία κ.λπ. Πρόκειται για μείγμα δύο πολυμερών (συμπολυμερές) με διαφορετικά σημεία τήξης, κάτι που συνιστά τον μηχανισμό αλλαγής σχήματος. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι μπορούν να κλωστοποιηθούν σε μορφή νήματος και να δημιουργήσουν ένα ύφασμα με ιδιότητα μνήμης σχήματος (Gök, et al., 2015).

Κάποια άλλα υλικά αυτής της κατηγορίας είναι τα χρωμικά υφάσματα, τα οποία αλλάζουν χρώμα, όπως οι οπτικές ίνες που ανιχνεύουν και μεταδίδουν το φως και οι βαφές που είναι ευαίσθητες στο pH και αλλάζουν χρώμα ανάλογα με το pH του υγρού που απορροφάται από την επιφάνεια του υφάσματος. Οι βαφές αυτές περιέχουν ουσίες με συγκεκριμένο δείκτη pH (Halili, 2017). Πρέπει να σταθεροποιούνται στο νήμα ή στο ύφασμα για να λειτουργούν σωστά. Η ενσωμάτωση τους στα προϊόντα είναι αποτελεσματική, αλλά η λειτουργία τους ως αισθητήρες είναι ελάχιστη, επομένως αυτά τα υλικά παρέμειναν ως πρωτότυπα και δεν απέκτησαν εμπορική αξία.

Οι χωρητικοί αισθητήρες πίεσης είναι μια άλλη εφαρμογή που αναπτύχθηκε εκείνη την εποχή (Sergio, 2002). Σε αντίθεση με τους πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες πίεσης, μπορούν να ενσωματωθούν πολύ καλύτερα σε ένα ύφασμα με κέντημα ή ακόμα και με ραφή. Σχετική εφαρμογή είναι τα κεντημένα πληκτρολόγια, που χρησιμοποιούσαν μια διάταξη ανίχνευσης πίεσης από αγώγιμα και μη αγώγιμα νήματα, για να δημιουργήσουν ένα δυαδικό σήμα (0/1, ναι/όχι). Απλό, πλεονέμενο, εύκολο να κατασκευαστεί (με κέντημα), αξιόπιστο αλλά φυσικά με χαμηλής ποιότητας πληροφορία ως ηλεκτρονικό σήμα. Αν και τα πληκτρολόγια συνήθως δεν κατατάσσονται στους αισθητήρες ως κατασκευή, θα μπορούσαν να συμπεριληφθούν σε αυτήν την κατηγορία, καθώς παρέχουν επικοινωνία του υφάσματος με τον χρήστη και αποτελούν μέρη του «έξυπνου» μέρους των έξυπνων υφασμάτων, όπως κάνουν οι αισθητήρες (Rofouei et al. 2011).



Κλωστοϋφαντουργικοί αισθητήρες δεύτερης γενιάς

Η δεύτερη γενιά κλωστοϋφαντουργικών αισθητήρων βασίστηκε σε διακριτούς συμβατικούς ηλεκτρονικούς αισθητήρες, με ενσύρματη ή ασύρματη σύνδεση με μικροελεγκτές ή πλακέτες τυπωμένου κυκλώματος (PCB's). Αυτές οι εφαρμογές έγιναν δημοφιλείς λόγω της μαζικής παραγωγής και της διαθεσιμότητας μιας τεράστιας σειράς αισθητήρων, καθώς και της ψηφιοποίησης των ηλεκτρονικών και της επικοινωνίας. Αυτή η γενιά υφασμάτων αισθητήρων απεικονίζει τη δημιουργία πρωτοτύπων που θα μπορούσαν να παρέχουν πραγματικά χρήσιμο σήμα και πληροφορίες. Οι εφαρμογές αφορούσαν κυρίως τη βιομετρία του ανθρώπινου σώματος και την παρακολούθηση της υγείας και της ευεξίας. Αυτό θεωρείται αρκετά λογικό, δεδομένης της μόνιμα ενεργής φύσης του ενδύματος και της μη επεμβατικής φύσης των βιομετρικών αισθητήρων.

Ένα εμβληματικό παράδειγμα είναι το οικοσύστημα “Arduino Lillipad”, το οποίο λόγω του μικρού του μεγέθους μπορεί να ενσωματωθεί εύκολα (ράψιμο, ραφή κ.λπ.) σε συμβατικά υφασμάτινα υποστρώματα (ύφασμα, ένδυμα). Το Arduino Lillipad παρουσιάστηκε το 2007 και είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή της οικογένειας Arduino, σχεδιασμένη για υφάσματα, που σημαίνει ότι έχει τις κατάλληλες οπές για ραφή σε ενδύματα και έχει σχήμα που μοιάζει με λουλουδιού, ώστε να είναι αισθητικά αποδεκτό ως αξεσουάρ ενός ενδύματος. (Buechley και Mako Hill, 2010.)

Το οικοσύστημα Arduino Lillipad περιλαμβάνει αρκετούς αισθητήρες μικρού μεγέθους, προσιτού κόστους και για διάφορες παραμέτρους: ήχος, θερμοκρασία, υγρασία, φλόγα, φωτοαντοχή, κίνηση, επίπεδο και πολλά άλλα. Συνδέονταν με την CPU (Arduino Lillipad) με κεντημένα ή ραμμένα αγωγίμα νήματα. Από τεχνικής άποψης, το Arduino Lillipad δεν αποτελεί μεγάλη εξέλιξη, αφού είναι ένα οικοσύστημα συμβατικών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, με όχι ιδιαίτερα καλή ενσωμάτωση στα ενδύματα και αισθητικά μάλλον φτωχό αποτέλεσμα. Ωστόσο, ήταν ένα μεγάλο βήμα για τις προσπάθειες και τα πρωτότυπα τύπου “DoItYourself” στον τομέα των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων “msart”, και παρείχε ένα καλό σημείο εκκίνησης για πολλές προσπάθειες για πρωτότυπα κυρίως λόγω:

- του απλού και χαμηλού κόστους υλικού (συσκευές εισόδου και εξόδου, όπως αισθητήρες),



- του απλού και εύκολου περιβάλλοντος προγραμματισμού για ανθρώπους χωρίς γνώση προγραμματισμού (μη- προγραμματιστές),
- της μεγάλης κοινότητας που στήριξε τους δημιουργούς.

Αυτή η μορφή αποτελεί μια σχεδόν ιδανική γέφυρα για τους σχεδιαστές έξυπνων συστημάτων (ηλεκτρονικών) με τους σχεδιαστές μόδας κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Είναι μια καλή βάση για τους αρχάριους σε αυτόν τον τομέα, ορισμένοι από τους οποίους θα προχωρήσουν σε πιο λειτουργικές και μοντέρνες δημιουργίες.

Μια άλλη λύση αυτής της γενιάς είναι το οικοσύστημα φορέσιμων αισθητήρων Smimmer®, το οποίο εισήχθη το 2006 και έχει εξελιχθεί έκτοτε, σε μια ολοκληρωμένη λύση για εφαρμογές που στοχεύουν κυρίως σε ιατρικές λύσεις (Shimmer, 2023).

Οι εφαρμογές και τα πρωτότυπα αυτής της γενιάς έξυπνων αισθητήρων παρουσίαζαν πρόβλημα δυσκολίας στην πλήση των ηλεκτρονικών διαμερισμάτων, ειδικά για το φορητό τροφοδοτικό (μπαταρία), αλλά και για τους αισθητήρες. Ως λύση εφαρμοζόταν η πλήση του υφάσματος βάσης μετά την αφαίρεση του ηλεκτρονικού τμήματος του ενδύματος και η εκ νέου προσάρτησή του μετά την πλήση. Εναλλακτικά, τα ηλεκτρονικά μέρη τοποθετούνταν εντός αδιάβροχου υλικού τύπου κάψουλας, μια λύση τεχνικά ορθή, αλλά φυσικά περιορισμένης αισθητικής από άποψη μόδας. Το στεγνό καθάρισμα είναι η προτιμώμενη λύση για αυτή την περίπτωση, αλλά θεωρείται υψηλού κόστος και με κάποια προβλήματα, καθώς ο χρήστης δεν μπορεί να το εφαρμόσει στο σπίτι του, αλλά μόνο σε εξειδικευμένα καταστήματα, όπου δεν υπάρχει εγγύηση για την κατάσταση του έξυπνου κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος και των συνθετικών του στοιχείων μετά το στεγνό καθάρισμα.

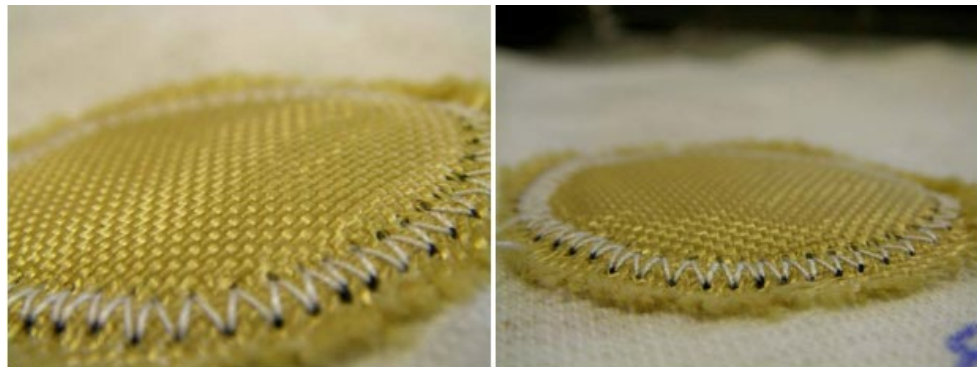
Κλωστοϋφαντουργικοί αισθητήρες τρίτης γενιάς

Η τρίτη γενιά βασίζεται σε βελτιωμένα υφασμάτινα υλικά με εγγενείς ιδιότητες αισθητήρα, λόγω επικάλυψης με νανοσωματίδια του υφάσματος ή του νήματος κατά τη διαδικασία κλωστοποίησης. Μπορούν να δημιουργηθούν κλωστοϋφαντουργικές δομές με λειτουργία αισθητήρα, πιο εκλεπτυσμένες τεχνικά, κατασκευασμένες από πολυστρωματικό υλικό ηλεκτροαγωγίων



μετάλλων ή εγγενώς αγώγιμα πολυμερών (ICP). Η ενσωμάτωση είναι πολύ καλύτερη και το προϊόν έχει την όψη και την αίσθηση ενός τυπικού κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος (Bishnoi, et al., 2021). Η επέκταση της νανοτεχνολογίας αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη των νέων κλωστοϋφαντουργικών αισθητήρων και πιθανότατα θα σηματοδοτήσει την έναρξη παραγωγής αυτών των προϊόντων που ως τώρα εμπορευόμαστε μαζικά, λόγω της διαθεσιμότητας τεχνικών μαζικής παραγωγής, καθώς και της ελκυστικότητας του έξυπνου κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος που θα έχει όψη και αίσθηση σαν το συμβατικό.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση υφασμάτων αισθητήρων, είναι μια άλλη πρόσφατη εξέλιξη που συνίσταται οικονομικά για μαζική παραγωγή και συνιστά ένα μεγάλο βήμα προς την εμπορευματοποίηση των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Οι αισθητήρες κατασκευάζονται τόσο από αγώγιμα, όσο και από εύκαμπτα πολυμερή και με αυτόν τον τρόπο ενσωματώνονται πολύ καλύτερα στο ένδυμα, αποφεύγοντας το πρόβλημα εφραμογής σκληρού υλικού-σε-μαλακό υπόστρωμα που συναντάται κατά την προσάρτηση διακριτών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων σε έξυπνα υφάσματα. (Gandler et al., 2019)



Εικόνα 2. Επιθέματα ηλεκτροδίων από υφασμάτινο παρα-αραμίδιο με επίστρωση χρυσού (Tzerahoglou et al. 2011)

Αναφορές

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. Kapsalis¹, 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



Κεφάλαιο 2: Απαιτήσεις κλωστοϋφαντουργικών υλικών για αισθητήρες, ενεργοποιητές, μπαταρίες και φορητές συσκευές

*Αθανάσιος Παναγιωτόπουλος, Ιωάννης Χρόνης, Γεώργιος Πρινιωτάκης
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Ελλάδα*

Εισαγωγή

Ο συνδυασμός υφασμάτων και αισθητήρων οδηγούν στη δημιουργία αυτού που ονομάζουμε έξυπνο ύφασμα, το οποίο λειτουργεί ως αισθητήρας. Τα έξυπνα υφάσματα είναι ευαίσθητα σε πολλαπλά φυσικά και χημικά ερεθίσματα, όπως αλλαγές στη θερμοκρασία, την πίεση, τη δύναμη, το ηλεκτρικό ρεύμα κ.λπ. Τα αισθητήρια στοιχεία μπορούν να ενσωματωθούν στα υφάσματα σε οποιοδήποτε επίπεδο, ανάλογα με το δομικό στοιχείο του υφάσματος, το οποίο τροποποιείται ή μετατρέπεται σε αισθητήρα. Οι κλωστοϋφαντουργικοί αισθητήρες μπορούν να θεωρηθούν ως μέρος του γενικότερου όρου των έξυπνων υφασμάτων-μετατροπών [1].

Τα έξυπνα υφάσματα-μετατροπείς μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες, οι οποίες είναι: αισθητήρες, ενεργοποιητές και μπαταρίες.

Αισθητήρες

Τα κλωστοϋφαντουργικά υλικά που χρησιμοποιούνται συχνά σε αισθητήρες, μπορούν να χωριστούν χονδρικά σε υφάσματα, νήματα και ίνες. Για τους αισθητήρες πίεσης, προκειμένου να ανιχνεύουν/”αντιλαμβάνονται» αλλαγές στην καταπόνηση, την αφή και την πίεση και να τις μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα, συνήθως απαιτούνται αγώγιμες ίνες, όπως ίνες από ανοξείδωτο χάλυβα και ίνες άνθρακα [2].

Διαφορετικά υλικά και τεχνικές χρησιμοποιούνται στη δημιουργία αισθητήρων με βάση το ύφασμα. Κάποιες τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι ο εμποτισμός, η μεταξοτυπία, η εμφάνιση, η ηλεκτροϊονοποίηση, η ανάπτυξη στο μείγμα αντίδρασης (in situ) και ο πολυμερισμός σε φάση ατμού [3-4].

Διαφορετικοί συνδυασμοί υλικών και διαδικασιών είναι απαραίτητοι για την κατασκευή αισθητήρων με βάση το ύφασμα. Αυτοί οι αισθητήρες θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν χωρητικούς αισθητήρες πίεσης, πιεζοηλεκτρικούς αισθητήρες, τριβοηλεκτρικούς αισθητήρες πίεσης.



Ενεργοποιητές

Για την κατηγοριοποίηση των ενεργοποιητών, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ιδιότητες όπως τάση, παραμόρφωση, ρυθμός παραμόρφωσης, διάρκεια ζωής κύκλου και μέτρο ελαστικότητας. Οι διαφορετικοί μηχανισμοί ενεργοποίησης περιλαμβάνουν [5]:

- Ενεργοποίηση ηλεκτρικού πεδίου
- Ενεργοποίηση βάσει ιόντων
- Πνευματική ενεργοποίηση
- Θερμική ενεργοποίηση
- Άλλοι μηχανισμοί ενεργοποίησης

Ενώ κάποια από αυτά τα μηχανικά στοιχεία αποτελούνται από άκαμπτα εξαρτήματα, άλλα επιτρέπουν τη χρήση τους σε έξυπνα υφάσματα. Οι ενεργοποιητές από πολυμερή χρησιμοποιούνται στα έξυπνα υφάσματα. Οι ενεργοποιητές λειτουργούν υπό τον μηχανισμό μιας αλλαγής διαστάσεων του υλικού που προκαλείται από την προσθήκη ή την αφαίρεση φορτίου από τη δομή του πολυμερούς [6].

Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται οι ακόλουθοι ενεργοποιητές. Ενεργοποιητές νανοσωλήνων άνθρακα [7], υφάσματα ενεργοποίησης με βάση CNT [8], ενεργοποιητές από κράμα μνήμης σχήματος [9]. Ενεργοποιητές από συνθετικές ίνες υπό στρίψη/περιέλιξη [10], έξυπνα υφάσματα από πλεκτά CNT / νήματα spandex [11].

Συνολικά, ο μηχανισμός ενεργοποίησης θα πρέπει να επιλέγεται δίνοντας έμφαση στις απαιτήσεις του τελικού χρήστη. Τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα εστιάζουν περισσότερο σε ενεργοποιητές θερμοκρασίας. Αυτό μπορεί να οφείλεται κυρίως στη χρήση της ηλεκτροθερμικής παραγωγής θερμότητας ως αξιόπιστης και καθαρής πηγής ενέργειας.

Μπαταρίες

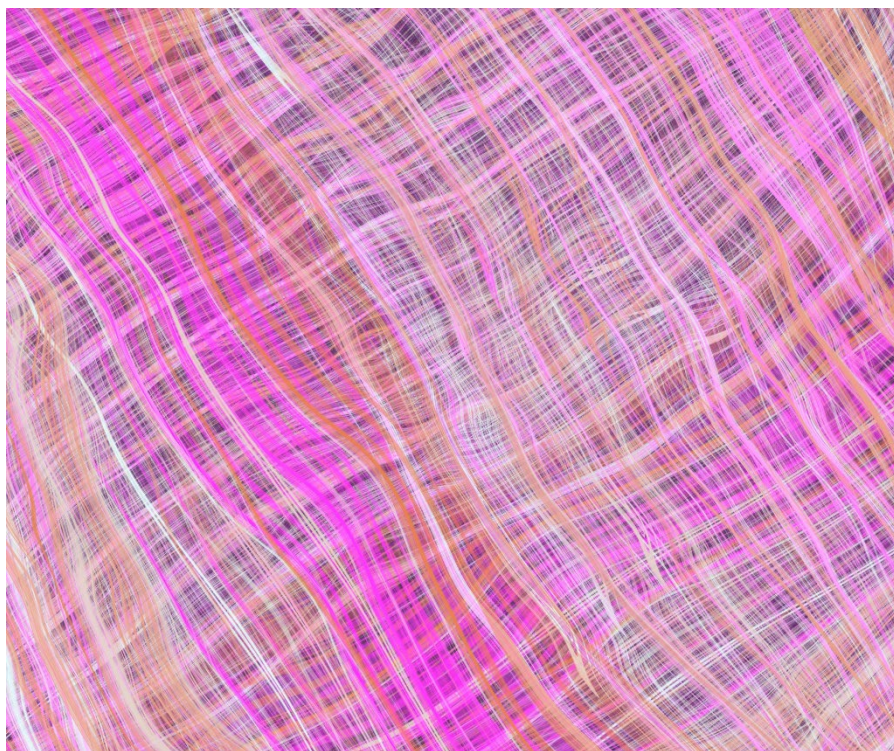
Ακόμη και με όλη την τεχνολογική πρόοδο και τα πραγματικά μεγάλα βήματα που έχουν γίνει, υπάρχουν κάποια πράγματα που δεν αλλάζουν. Και ένα από αυτά είναι το ότι οι μπαταρίες εξακολουθούν να αποτελούν έναν τρόπο αποθήκευσης ενέργειας. Αν πρόκειται να αναφερθούμε σε εύκαμπτες μπαταρίες απαιτείται η εξέταση των εξαρτημάτων, από τα οποία αποτελείται μια μπαταρία.



Μια μπαταρία αποτελείται από τέσσερα βασικά εξαρτήματα: την άνοδο, την κάθοδο, τον διαχωριστή και τον ηλεκτρολύτη [12]. Για να γίνει μια μπαταρία εύκαμπτη, θα πρέπει να γίνουν εύκαμπτα τα εξαρτήματά της. Ένα εύκαμπτο ηλεκτρόδιο θα μπορούσε να έχει βάση τον άνθρακα, το γραφένιο ή οξείδιο μετάλλου.

Μέχρι τώρα, ως εύκαμπτες μπαταρίες με βάση κλωστοϋφαντουργικές ίνες έχουν χρησιμοποιηθεί μπαταρίες ιόντων λιθίου. Για ένα ηλεκτρόδιο από ίνα, οι βασικές επιλογές είναι το γραφένιο ή το CNT. Οι τεχνικές για αυτό θα περιλαμβάνουν διπλή κλωστοποίηση (two-fold spinning) και επικάλυψη [13].

Μια εύκαμπτη μπαταρία θα μπορούσε να αποτελείται και από έναν εύκαμπτο ηλεκτρολύτη. Έχουν αναφερθεί εύκαμπτες μπαταρίες κατασκευασμένες από ηλεκτρολύτες πολυμερούς τύπου γέλης ή στερεάς κατάστασης [14].



Εικόνα 2.1 – Έξυπνα «φορέσιμα» υφάσματα



Εύκαμπτες φορητές συσκευές

Για τη δημιουργία υφασμάτων, εύκαμπτων, φορητών συσκευών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα είδη αγώγιμων ινών. Οι ίνες αυτές μπορεί να είναι μεταλλικά σύρματα, επιμεταλλωμένες ίνες, αγώγιμα πολυμερή, καθαρές ίνες CNT και ίνες από πολυμερή CNT.

Τα μεταλλικά σύρματα έχουν υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα αλλά και υψηλή πυκνότητα, οξειδώνονται εύκολα και έχουν χαμηλή αντοχή σε εφελκυσμό. Οι επιμεταλλωμένες ίνες μπορούν να ελέγξουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα από το πάχος του επικαλυμμένου στρώματος, όσο πιο παχύ είναι το μεταλλικό στρώμα, τόσο υψηλότερη αντίσταση θεωρείται ότι υπάρχει. Επίσης, τα μεταλλικά στρώματα έχουν χαμηλή αντοχή. Τα αγώγιμα πολυμερή έχουν παρόμοιες ιδιότητες με εκείνες των συμβατικών ινών. Η χαμηλή αγωγιμότητα και δυνατότητας επεξεργασίας είναι τα κύρια μειονεκτήματα αυτής της κατηγορίας. Στις καθαρές ίνες CNT υπάρχουν ορισμένα ζητήματα ασφαλείας για τα νανοϋλικά, αλλά η υψηλή αντοχή στον εφελκυσμό και η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα έχουν πολλές προοπτικές. Τα σύνθετα υλικά από πολυμερή CNT έχουν παρόμοιες φυσικές ιδιότητες με τις συμβατικές ίνες, ενώ η επιφάνειά τους είναι τραχιά με υψηλή αντοχή [15].

Άλλα τμήματα που θα μπορούσαν να αποτελούνται από κάποια μορφή ίνας/κλωστοϋφαντουργικού υλικού είναι οι υφασμάτινες πλακέτες κυκλωμάτων [16], τα τρανζίστορ (με βάση από ίνες) [17] και τα ηλεκτρονικά κυκλώματα σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα [18].

Εφαρμογές

Όλες αυτές οι συσκευές και τα εξαρτήματα συσκευών τα οποία είναι κατασκευασμένα σε κάποιο βαθμό από κλωστοϋφαντουργικά υλικά θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν σε μια ποικιλία εφαρμογών, όπως η παρακολούθηση της ανθρώπινης υγείας, αθλητισμός, στρατιωτικές εφαρμογές, καθημερινή ζωή, οι διατροφικές συνήθειες.



Αναφορές

- [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.



Κεφάλαιο 3: Συν-σχεδίαση αισθητήρων και ενσωμάτωση σε προϊόντα προσωπικού προστατευτικού εξοπλισμού (PPE) για προστασία από το νερό και τη φωτιά

Aileni Raluca Maria, Cristina Stroe, INCDTP, Ρουμανία

Περίληψη

Η συν-σχεδίαση έξυπνων αισθητήρων και η ενσωμάτωση τους σε μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) πυροσβεστών ή δυτών, περιλαμβάνει ουσιαστικά την ενσωμάτωση διαφόρων αισθητήρων που περιέχουν μικρο-ελεγκτές, μονάδες επικοινωνίας και επαρκείς εφαρμογές λογισμικού για την επεξεργασία δεδομένων που προκύπτουν από τη μέτρηση βιομετρικών στοιχείων (παλμοί, θερμοκρασία, επίπεδα οξυγόνου) ή περιβαλλοντικών παραμέτρων (επίπεδο οξυγόνου, βάθος, πίεση, θερμοκρασία, σύνθεση αερίου) για να βοηθήσουν τους χρήστες/εργαζόμενους στη δραστηριότητά τους και να εξασφαλίσουν ότι οι συνθήκες εργασίας τους είναι ασφαλείς. Η ενσωμάτωση φορητών έξυπνων αισθητήρων σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα βασίζεται κυρίως στην ευκαμψία και τη σμίκρυνση των αισθητήρων, ενώ η ενσωμάτωση ορισμένων έξυπνων αισθητήρων για κατάδυση ή πυροπροστασία συνίσταται στην ενσωμάτωση ορισμένων άκαμπτων στοιχείων.

Εισαγωγή

Υπό κανονικές συνθήκες, το σύστημα θερμορύθμισης του ανθρώπινου σώματος λειτουργεί ως ελεγκτής θερμοκρασίας ή υγρασίας. Ωστόσο, σε επιβλαβή περιβάλλοντα (σε υποβρύχιες δραστηριότητες, πυρκαγιά), δυστυχώς, το ανθρώπινο σώμα δεν έχει επαρκή έλεγχο για να αντισταθμίσει την αυξημένη πίεση στο βάθος ή την υπερβολική θέρμανση λόγω της φωτιάς, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά ατυχήματα και σωματικούς τραυματισμούς και να θέσει σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή [1,2]. Συνήθως, για τις καταδύσεις, το σύστημα παρακολούθησης που πρέπει να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την πίεση, τον αναπνευστικό ρυθμό και τη θέση προστατεύεται με πλαστικά καλύμματα και

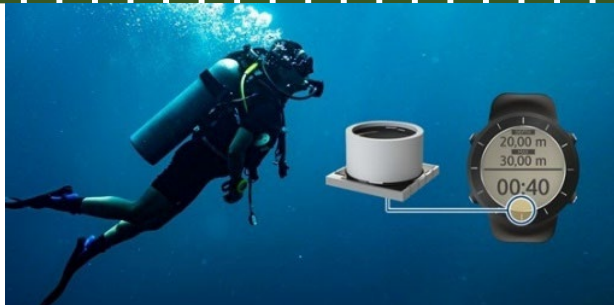


προσαρτάται στους δύτες (Εικόνα 1.1.α). Γενικά, οι υποβρύχιες καταστάσεις περιλαμβάνουν κατάδυση με μικρούς και ισχυρούς υπολογιστές κατάλληλους για παροχή πληροφοριών σχετικά με το βάθος και τη θερμοκρασία του νερού, την πίεση, το επίπεδο οξυγόνου, τη στάθμη της μπαταρίας, τους ρυθμούς αναπνοής ή τη θερμοκρασία του σώματος. Η υποβρύχια πίεση επηρεάζεται από το βάθος που βρίσκεται ο δύτης και μπορεί να παρακολουθηθεί χρησιμοποιώντας έναν καταδυτικό υπολογιστή συνδεδεμένο με ψηφιακό αισθητήρα πίεσης, ο οποίος προσφέρει πληροφορίες εκτός του βάθους βύθισης, για τη στάθμη του νερού, τυχόν υπολείμματα αερίων στις αναπνευστικές οδούς (breathing tanks) και τον ασφαλή χρόνο για κατάδυση.

Για τέτοια συστήματα σε «εχθρικά» περιβάλλοντα, η αντοχή στη διάβρωση (π.χ. αλμυρό νερό) και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας σε απομακρυσμένες εφαρμογές είναι απαραίτητη κυρίως για παρατεταμένη περίοδο [3, 4]. Για την υποβρύχια παρακολούθηση, χρησιμοποιούνται πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες επειδή είναι ανθεκτικοί και μπορούν να λειτουργήσουν σε τέτοιες συνθήκες, ενσωματωμένοι σε έξυπνα ρολόγια (εικόνα 1.1.β), σημαδούρες βυθομέτρου και δεξαμενές. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι αυτοί οι αισθητήρες δεν μπορούν να ενσωματωθούν σε υφάσματα επειδή είναι πολύ στιβαροί, χωρίς εύκαμπτα εξαρτήματα [4]. Όλα τα έξυπνα ρολόγια και τα εργαλεία βυθού ήταν αρχικά αναλογικές συσκευές, αλλά μέσω του κατάλληλου σχεδιασμού αισθητήρων πίεσης, αξιοποιείται το πλεονέκτημα ενσωμάτωσης πιεζοηλεκτρικών εξαρτημάτων και μετατροπών.



α. Εξοπλισμός δύτη



β. Έξυπνα ρολόγια βασισμένα σε αισθητήρες
Merit



Εικόνα 3.1. Δύτης εξοπλισμένος με σύστημα καταγραφής και βιντεοκάμερα (πάνω από τον αριστερό/δεξιό βραχίονα) [3]

Έξυπνοι αισθητήρες για ΜΑΠ φωτιάς/νερού

Για τα μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) από το νερό και τη φωτιά, η ενσωμάτωση έξυπνων αισθητήρων αποτελεί πλέον απαίτηση, ώστε να διασφαλίζεται η αυτονομία και η συνεχής παρακολούθηση του χρήστη. Παρόλο που και οι αναλογικοί αισθητήρες από εύκαμπτα κλωστοϋφαντουργικά ηλεκτρόδια (ίνες, νήματα) μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ύφασμα με ραφή, κέντημα, ύφανση, πλέξη ή τεχνολογία μη-υφανσίμων, οι συμπαγείς έξυπνοι αισθητήρες έχουν αποδεδειγμένα ιδιαίτερα υψηλή αντοχή σε επιβλαβή περιβάλλοντα (διαβρωτικό περιβάλλον, υψηλή θερμοκρασία, υγρασία). Επιπλέον, τα κλωστοϋφαντουργικά ηλεκτρόδια επιφανείας για αισθητήρες θερμοκρασίας ή υγρασίας ανθρώπινου σώματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν εάν δεν έρχονται σε άμεση επαφή με νερό ή φωτιά. Διαφορετικά, τα ηλεκτρόδια αυτά μπορεί να καταστραφούν ή να μην ανταποκρίνονται πλέον για την ακρίβεια της παρακολούθησης. Οι έξυπνοι αισθητήρες περιέχουν πολλά στοιχεία, όπως μικροεπεξεργαστή, αισθητήρα, τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας (π.χ. WiFi) και λογισμικό (ADC, επεξεργασία δεδομένων), διεπαφή χρήστη μέσω ιστοσελίδων (smartphone, tablet) και παράγουν ψηφιακά σήματα όταν ένα φυσικό μέτρο (π.χ. , θερμοκρασία, πίεση, υγρασία) παρακολουθείται. Οι έξυπνοι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε εξοπλισμό ΜΑΠ μπορούν να προσφέρουν πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση της υγείας του χρήστη, το περιβάλλον (χημική σύνθεση της ατμόσφαιρας (π.χ. διοξείδιο του αζώτου (NO_2), μονοξείδιο του αζώτου (NO) και μονοξείδιο του άνθρακα (CO), θερμοκρασία, υγρασία, βάθος, επίπεδο ακτινοβολίας) ή σχετικά με τις συσκευές που διασφαλίζουν σε τοξικό περιβάλλον (επίπεδο οξυγόνου στη δεξαμενή κατάδυσης) [4]. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των καταδύσεων, είναι απαραίτητο να παρακολουθείται η πίεση, το βάθος και η συγκέντρωση του O_2 , επειδή μπορεί να εμφανιστεί ασθένεια αποσυμπίεσης, που προκαλείται από ενδοαγγειακές ή εξωαγγειακές φυσαλίδες, λόγω μείωσης της περιβαλλοντικής πίεσης [5, 6]. Επιπλέον, η τοξικότητα του οξυγόνου εμφανίζεται όταν η πίεση του οξυγόνου είναι 1,4 ατμόσφαιρες ή μεγαλύτερη σε βάθος 57 μέτρων, όταν κάποιος αναπνέει αέρα (π.χ. για 10 μέτρα βάθος μέσα στο νερό, ένας δύτης εκτίθεται σε

πρόσθετη πίεση 1 ATA [7]) ή σε μικρότερα βάθη όταν κάποιος αναπνέει αέρα με συγκέντρωση οξυγόνου μεγαλύτερη από 20% [8, 9].

Οι έξυπνοι αισθητήρες για ΜΑΠ νερού ή φωτιάς περιέχουν τα ακόλουθα εξαρτήματα:

- Αισθητήρες,
- μικροεπεξεργαστή,
- Μονάδες επικοινωνίας με το χρήστη,
- λογισμικό (ADC, επεξεργασία δεδομένων),
- Περιβάλλον ιστοσελίδας (έξυπνα τηλέφωνα, τάμπλετ).

Συν-σχεδίαση εξοπλισμού ατομικής προστασίας φωτιάς/νερού

Η μέθοδος συν-σχεδίασης εξοπλισμού ατομικής προστασίας φωτιάς/νερού (εικόνα 1.2) με ενσωματωμένους αισθητήρες συνίσταται στον καθορισμό των στόχων, των προδιαγραφών, των ιδιοτήτων και των περιορισμών για τους αισθητήρες, χρησιμοποιώντας μια ομάδα ειδικών με σχετικές δεξιότητες:



- ✓ Τελικοί χρήστες - πυροσβέστες/δύτες/εργάτες, οι οποίοι έρχονται σε επαφή με πίδακες νερού (προσφέρουν την οπτική του χρήστη, περιγράφουν τις συνθήκες και τις ανάγκες πραγματικής χρήσης, αναφέρουν πληροφορίες σχετικά με την άνεση και την αποδοχή του προϊόντος)



- ✓ Μηχανικοί με εξειδίκευση (βασικό πτυχίο, μεταπτυχιακές και διδακτορικές σπουδές) στην κλωστοϋφαντουργία (Κλωστική, υφαντική, πλεκτική και τεχνολογία ενδύματος), οι οποίοι προσφέρουν τις σχετικές πληροφορίες για τη σχεδίαση, την κατασκευή και την τυποποίηση προϊόντων.
- ✓ Μηχανικοί με εξειδίκευση (πτυχία, μεταπτυχιακές και διδακτορικές σπουδές) στην πληροφορική/επιστήμη υπολογιστών, οι οποίοι προσφέρουν πληροφορίες για τις δυνατότητες ανάπτυξης λογισμικού, το οποίο θα είναι κατάλληλο για την υποστήριξη του προτεινόμενου υλικού (αισθητήρες + μικροελεγκτές).
- ✓ Γιατροί (για την οπτική από την πλευρά της ιατρικής επιστήμης: κυρίως για μια επιστημονική άποψη σχετικά με τις παραμέτρους που πρέπει να αξιολογηθούν λαμβάνοντας υπόψη τις συγκεκριμένες συνθήκες χρήσης (φωτιά/νερό)).
- ✓ Μηχανικοί με εξειδίκευση (πτυχία, μεταπτυχιακές και διδακτορικές σπουδές) στην Ηλεκτρονική, οι οποίοι προσφέρουν πληροφορίες σχετικά με το σχεδιασμό, την κατασκευή και την τυποποίηση αισθητήρων.

Η ποικιλομορφία των προσεγγίσεων θα οδηγήσει στον σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου προϊόντος, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους πιθανούς κινδύνους και τις προδιαγραφές σχεδιασμού, το οποίο θα ανταποκρίνεται σε διαφορετικές πολύπλοκες συνθήκες.

Ενσωμάτωση αισθητήρων σε ΜΑΠ για πυροπροστασία

Οι έξυπνοι αισθητήρες μπορούν να ενσωματωθούν στα ΜΑΠ για πυροπροστασία, ανάλογα με την ευκαμψία και το μέγεθός τους.

Οι έξυπνοι αισθητήρες που μπορούν να ενσωματωθούν σε ΜΑΠ πυροπροστασίας, για εφαρμογή απομακρυσμένης παρακολούθησης είναι:

- Αισθητήρας παλμών,
- Αισθητήρας αερίου (παρακολούθηση στάθμης οξυγόνου),
- Αισθητήρας θερμοκρασίας,
- Αισθητήρας υγρασίας,
- Μονάδα εντοπισμού θέσης (GPS) και συσκευή ήχου (AD),
- Επιταχυνσιόμετρα/γυροσκόπια.



Ενσωμάτωση αισθητήρα σε ΜΑΠ για προστασία από το νερό

Τα ΜΑΠ για το προσωπικό που εργάζεται υποβρύχια ή σε επαφή με το νερό θα πρέπει να παρέχουν δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης για την πρόληψη της υποξίας ή άλλων τραυματισμών μέσω των ακόλουθων αισθητήρων:

- Αισθητήρες θερμοκρασίας,
- Αισθητήρες προσδιορισμού επιπέδου και συγκέντρωσης οξυγόνου,
- Αισθητήρες υγρασίας;
- Μονάδα εντοπισμού θέσης (GPS) & μονάδες επικοινωνίας (συσκευή ήχου),
- Χρόνος εκπομπής
- Βάθος
- Πίεση

Αναφορές

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), σελ.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), .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.



Κεφάλαιο 4: Συν-σχεδίαση έξυπνων αισθητήρων και ενσωμάτωσή σε ιατρικές συσκευές

Aileni Raluca Maria, Cristina Stroe, INCDTP, Ρουμανία

Περίληψη

Η συνσχεδίαση έξυπνων αισθητήρων και η ενσωμάτωσή τους σε ιατρικές συσκευές περιλαμβάνει την κατάλληλη ενσωμάτωση διαφορετικών αισθητήρων που περιέχουν μικροελεγκτές, μονάδες επικοινωνίας και τις κατάλληλες εφαρμογές λογισμικού για επεξεργασία δεδομένων, προκειμένου να μετρούνται βιοϊατρικές παράμετροι (ρυθμός αναπνοής, αρτηριακή πίεση, σφυγμός, επίπεδο οξυγόνου, γλυκαιμικοί δείκτες) και άλλοι βιοδείκτες που χρησιμοποιούνται για τη διάγνωση ή τη θεραπεία (π.χ. ανάλυση ιδρώτα με χρήση φορητών συσκευών για μικρορευστά) διάφορων ασθενειών, κι έτσι να βοηθήσουν στην αποκατάσταση των ασθενών. Η ενσωμάτωση φορητών έξυπνων αισθητήρων σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα βασίζεται στην ευκαμψία και το μικρό μέγεθος των αισθητήρων. Αν οι αισθητήρες δεν χαρακτηρίζονταν από ευκαμψία και μικρό μέγεθος, μπορεί να καταστρέφονταν μηχανικά κατά τη χρήση, δεδομένου ότι τα υφάσματα δεν αποτελούν μια συνεχή επιφάνεια.

Εισαγωγή

Πολλές φορητές καινοτόμες πλατφόρμες με ενσωματωμένους αισθητήρες έχουν αναπτυχθεί για εφαρμογή τεχνολογίας μικρορευστονικής, ώστε να πραγματοποιείται ανάλυση ιδρώτα [1] και αξιολόγηση βιοδεκτών ή να λειτουργεί ως «εργαστήριο» κάτω από την επιφάνεια του δέρματος, το οποίο αποτελείται από πολυ-πλεγμένες μικροβελόνες, βασισμένες σε σύστημα με διαδερμικούς αισθητήρες για παρακολούθηση βιοδεικτών (μεταβολίτες, ηλεκτρολύτες) [2, 3]. Ωστόσο, αυτές οι τεχνικές απαιτούν εύκαμπτα και διαφανή υλικά που δεν μπορούν να ενσωματωθούν επαρκώς στην επιφάνεια του υφάσματος. Η ενσωμάτωση των έξυπνων αισθητήρων σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα (π.χ. κάλτσες, πουκάμισα) που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για

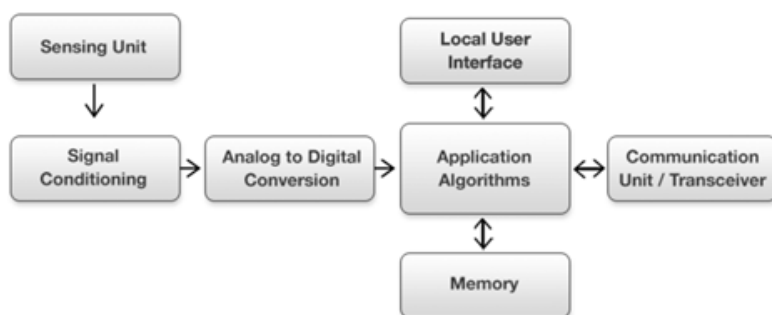
ιατρικούς/θεραπευτικούς σκοπούς μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως με ραφή, π.χ. σε κάλτσες [4], με εκτύπωση σε ύφασμα για ΗΚΓ (ηλεκτροκαρδιογράφημα), με επιταχυντές ή βιοσύνθετη αντίσταση [5].



Έξυπνοι αισθητήρες για υγειονομική περίθαλψη

Η τοποθέτηση φορητών ιατρικών συσκευών σε υφάσματα είναι εφαρμόζεται για την διασφάλιση αυτονομίας και συνεχούς παρακολούθησης. Ωστόσο, οι αναλογικοί αισθητήρες που έχουν ως βάση σε εύκαμπτα ηλεκτρόδια από κλωστοϋφαντουργικό υλικό (ίνες, νήματα) μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα ύφασμα, μέσω τεχνολογίας ραφής, κεντήματος, ύφανσης, πλέξης ή με εφαρμογή τεχνολογίας κατασκευής μη υφανσίμων. Επιπλέον, η εφαρμογή επίστρωσης στην επιφάνεια ενός υφάσματος, μπορεί να αξιοποιηθεί για τη δημιουργία ηλεκτροδίων επιφανείας, τα οποία είναι δυνατόν να λειτουργούν ως ηλεκτρόδια για αισθητήρες πίεσης, θερμοκρασίας ή υγρασίας. Οι αναλογικοί αισθητήρες παράγουν αναλογικά σήματα (π.χ. διακύμανση τάσης) από ένα φυσικό μέτρο που παρακολουθείται. Οι πιο χρησιμοποιούμενοι αναλογικοί αισθητήρες περιλαμβάνουν αισθητήρες ήχου, φωτός, θερμοκρασίας και πίεσης. Ένας έξυπνος (ψηφιακός) αισθητήρας περιέχει πολλά στοιχεία (εικόνα 1), όπως μικροεπεξεργαστή, αισθητήρα, κάποιο στοιχείο για υποστήριξη ασύρματης

επικοινωνίας (π.χ. WiFi, LoRa) και τεχνολογίες λογισμικού (ADC, επεξεργασία δεδομένων), διεπαφή χρήστη μέσω ιστοσελίδων (smartphone (έξυπνο κινητό τηλέφωνο), tablet) και παράγει ψηφιακά σήματα όταν παρακολουθείται ένα φυσικό μέτρο (π.χ. θερμοκρασία, πίεση, υγρασία). Οι έξυπνοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε ιατρικές συσκευές για τη διάγνωση, την πρόληψη, τη παρακολούθηση φυσιολογικών λειτουργιών, την αποκατάσταση, τη θεραπεία ασθενειών και την επικύρωση λειτουργίας ιατρικών συσκευών.



Εικόνα 4.2 Δομικά στοιχεία έξυπνων αισθητήρων (Image © Premier Farnell Ltd.) [6]

Συν-σχεδίαση έξυπνων αισθητήρων βιοιατρικής

Η μέθοδος συν-σχεδίασης έξυπνων βιοϊατρικών αισθητήρων συνίσταται στον καθορισμό των στόχων, των προδιαγραφών, των ιδιοτήτων και των περιορισμών για τους αισθητήρες στο πλαίσιο μιας ομάδας εργασίας ειδικών με τις σχετικές δεξιότητες:

- ✓ Τελικοί χρήστες (προοπτική προσφοράς στους ασθενείς, ανάγκες, θέματα που σχετίζονται με την άνεση και την αποδοχή του προϊόντος).
- ✓ Γιατροί (προοπτική προσφοράς υγειονομικής περίθαλψης: θέματα που σχετίζονται με τις παραμέτρους που πρέπει να αξιολογηθούν, θέση αισθητήρων στο προϊόν).
- ✓ Μηχανικοί με εξειδίκευση (βασικό πτυχίο, μεταπτυχιακές και διδακτορικές σπουδές) στην κλωστοϋφαντουργία (Κλωστική, υφαντική, πλεκτική και τεχνολογία ενδύματος) οι οποίοι προσφέρουν τις σχετικές πληροφορίες για τη σχεδίαση, την κατασκευή και την τυποποίηση προϊόντων.



- ✓ Μηχανικοί με εξειδίκευση (πτυχία, μεταπτυχιακές και διδακτορικές σπουδές) στα ηλεκτρονικά, οι οποίοι συνεισφέρουν στην παροχή πληροφοριών σχετικά με το σχεδιασμό, την κατασκευή και την τυποποίηση αισθητήρων.
- ✓ Μηχανικοί με εξειδίκευση (πτυχία, μεταπτυχιακές και διδακτορικές σπουδές) στην πληροφορική/επιστήμη υπολογιστών, οι οποίοι προσφέρουν πληροφορίες για τις δυνατότητες ανάπτυξης λογισμικού, το οποίο θα είναι κατάλληλο για την υποστήριξη του προτεινόμενου υλικού (αισθητήρες + μικροελεγκτές).

Επιπλέον, αυτές οι διαφορετικές εξειδικεύσεις και εμπειρίες δημιουργούν απτά «προϊόντα», όπως προδιαγραφές σχεδιασμού για ευφυείς αισθητήρες και για την ενσωμάτωσή τους.

Ενσωμάτωση έξυπνων αισθητήρων σε ιατρικές συσκευές

Οι έξυπνοι αισθητήρες μπορούν να ενσωματωθούν σε ιατρικές συσκευές, ανάλογα με την ευκαμψία και το μέγεθός τους.

Έξυπνοι αισθητήρες ενσωματωμένοι σε ιατρικές συσκευές για βιοϊατρική παρακολούθηση:

- Αισθητήρες παλμών (υπάρχει πρόκληση στο να ενσωματωθούν σε κλωστοϋφαντουργικές δομές) [7, 8];
- Αισθητήρες θερμοκρασίας (εικόνα 1.3 α.) [7];
- Αισθητήρες υγρασίας (εικόνα 1.3 γ) [9];
- Παρακολούθηση αναπνοής (υφασμάτινες ζώνες για παρακολούθηση αναπνοής) (εικόνα 1.3 α) [7, 8];
- Παρακολούθηση ΗΚΓ (με κλωστοϋφαντουργικά ηλεκτρόδια) (εικόνα 1.3 β.) [10];
- αισθητήρες οξυμετρίας για την παρακολούθηση των επιπέδων οξυγόνου (εικόνα 1.3 δ) [11];
- ΗΜΓ για παρακολούθηση της μυϊκής δραστηριότητας (εικόνα 1.3 δ) [11];
- Αισθητήρες παρακολούθησης πύλης (έξυπνη εσωτερική σόλα που ενσωματώνει επιταχυνσιόμετρα + γυροσκόπιο) [12-16].



Αναφορές

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.



Κεφάλαιο 5: Συν-σχεδίαση Co-design of actuators-based textiles for rehabilitation

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

Περίληψη

Τα πλεονεκτήματα των εύκαμπτων ενεργοποιητών είναι το μικρό τους βάρος, η απαλότητα και η ικανότητά τους να παίρνουν οποιοδήποτε σχήμα, ενώ εμφανίζουν σημαντική παραμόρφωση ως απόκριση σε εξωτερικά ερεθίσματα. Παρόλο που η τεχνογνωσία για τους εύκαμπτους ενεργοποιητές που χρησιμοποιούνται σε έξυπνα υφάσματα είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο, η ικανότητα των υφασμάτων που βασίζονται σε ενεργοποιητές να παράγουν δύναμη και να αλλάζουν σχήμα θα μπορούσε να οδηγήσει στην εισαγωγή ορισμένων νέων καινοτόμων χαρακτηριστικών και να ενισχύσει την ευφυΐα τους. Προς το παρόν, τα έξυπνα υφάσματα χρησιμοποιούν πολύ σπάνια τεχνολογία εύκαμπτου ενεργοποιητή. Ωστόσο, μια ποικιλία εφαρμογών μπορεί να προκύψει από το συνδυασμό εύκαμπτων ενεργοποιητών και έξυπνων υφασμάτων. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολυδιάστατους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης. Σε αυτό το κεφάλαιο, εξετάζεται και συζητείται ο σχεδιασμός κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για αποκατάσταση, τα οποία έχουν ως βάση ενεργοποιητές. Αναμφίβολα, τα επόμενα χρόνια ο τομέας των έξυπνων υφασμάτων θα επηρεαστεί σημαντικά από την αξιοποίηση της γνώσης για τους εύκαμπτους ενεργοποιητές.

Εισαγωγή

Τα έξυπνα υφάσματα είναι υφάσματα που επιτρέπουν την ενθυλάκωση ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, όπως μικροτροφοδοτικά, υπολογιστές για επεξεργασία, διασυνδεδεμένα κυκλώματα και έξυπνα υλικά. Τα παθητικά έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι αυτά που λειτουργούν μόνο ως αισθητήρες, ενώ τα ενεργά έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι αυτά που διαθέτουν μια λειτουργία ενεργοποίησης, όταν εντοπίσουν ένα περιβαλλοντικό ερέθισμα και ανταποκρίνονται σε αυτό (Ταο 2001). Στα έξυπνα υφάσματα, η δουλειά των ενεργοποιητών είναι να ανταποκρίνονται στο σήμα που αποστέλλεται από τον



αισθητήρα ή τη μονάδα επεξεργασίας δεδομένων, αντίστοιχα. Μια αντίδραση μπορεί να πάρει τη μορφή κίνησης, θορύβου ή εκπομπής υλικού. Έρευνα ιδιαίτερου ενδιαφέροντος διεξάγεται στον τομέα των μηχανικών λειτουργιών (mechanical functioning) για χρήση σε έξυπνα υφάσματα. Μετά την επεξεργασία με ενεργοποιητές υπάρχει η δυνατότητα τα προϊόντα να έχουν ιδιαίτερα ικανοποιητική λειτουργία ως έξυπνα προϊόντα.

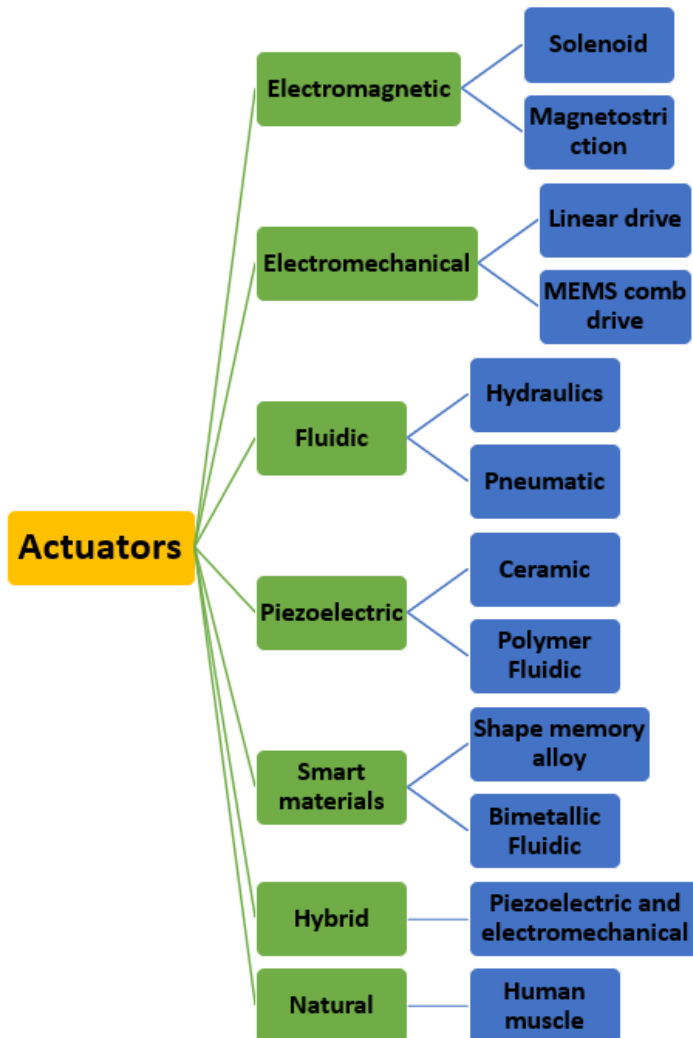
Ως θεμελιώδη χαρακτηριστικά των υφασμάτων θεωρείται η προσαρμοστικότητα τους στο σώμα, η άνεση στην αφή, η απαλότητα και η δυνατότητα χρήσης. Τα συμβατικά υλικά ενεργοποίησης, όπως τα κράματα μνήμης σχήματος, τα μαγνητοσυσταλτικά υλικά και τα πιεζοηλεκτρικά κεραμικά, είναι συχνά άκαμπτα και εύθραυστα και είναι δύσκολο να ενσωματωθούν σε υφάσματα. Ένα νέο είδος υλικού ενεργοποίησης, γνωστό ως «εύκαμπτοι ενεργοποιητές» βρίσκεται σε διαρκή άνοδο. Αυτά τα υλικά είναι μαλακά και εύκαμπτα και έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική, η οποία μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή δύναμης ή κίνησης. Σε κάθε περίπτωση, η τεχνολογία εύκαμπτου ενεργοποιητή αποτελεί μια σχετικά πρόσφατη εξέλιξη επί του παρόντος έχει εδραιωθεί σε μια ποικιλία εφαρμογών κλωστοϋφαντουργίας. Οι εύκαμπτοι ενεργοποιητές μπορούν να υφαίνονται σε ένα ύφασμα πολύ πιο εύκολα από τους τυπικούς ενεργοποιητές.

Στον ταχέως εξελισσόμενο τομέα της τυπωμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, οι συμβατικές τεχνικές μεταξοτυπίας και ψηφιακής εκτύπωσης με έγχυση μελάνης έχουν αποκτήσει μια νέα διάσταση. Τα στρώματα ηλεκτροενεργού πολυμερούς μπορούν να εκτυπωθούν σε εύκαμπτα υποστρώματα, όπως αν εκτυπώναμε με μελάνη και επιπροσθέτως μπορούν να ραφτούν ως επιθέματα σε ύφασμα. Η σύνδεση με ψηφιακά εξαρτήματα μέσω εύκαμπτων τυπωμένων κυκλωμάτων είναι επίσης πολύ πρακτική. Αυτήν τη στιγμή δεν υπάρχουν πολλές συγκεκριμένες εφαρμογές εύκαμπτων ενεργοποιητών σε έξυπνα υφάσματα. Η ανάπτυξη των έξυπνων υφασμάτων είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο. Ωστόσο, σε αυτόν τον τομέα, υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός πιθανών εφαρμογών. Η χρήση της τεχνολογίας εύκαμπτων ενεργοποιητών είναι βέβαιο ότι θα έχει ουσιαστικό αντίκτυπο στον τομέα των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων στο εγγύς μέλλον.



Ενεργοποιητές και ταξινόμηση εύκαμπτων ενεργοποιητών

Ένας ενεργοποιητής είναι ένα εξάρτημα μιας μηχανής ή εξοπλισμού, το οποίο βοηθά στην παραγωγή μηχανικής ενέργειας, μετατρέποντας ενέργεια, συχνά ηλεκτρική, αέρα ή υδραυλική ενέργεια. Είναι, απλά, το μέρος κάθε μηχανής που επιτρέπει την κίνηση. Οι ενεργοποιητές είναι συσκευές που μπορούν να παράγουν έργο υπό έλεγχο. Το σχήμα 5.1 δείχνει τους διαφορετικούς τύπους ενεργοποιητών.





Σχήμα 5.1. Ταξινόμηση ενεργοποιητών

Εφαρμογή κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων με ενεργοποιητές σε προϊόντα αποκατάστασης

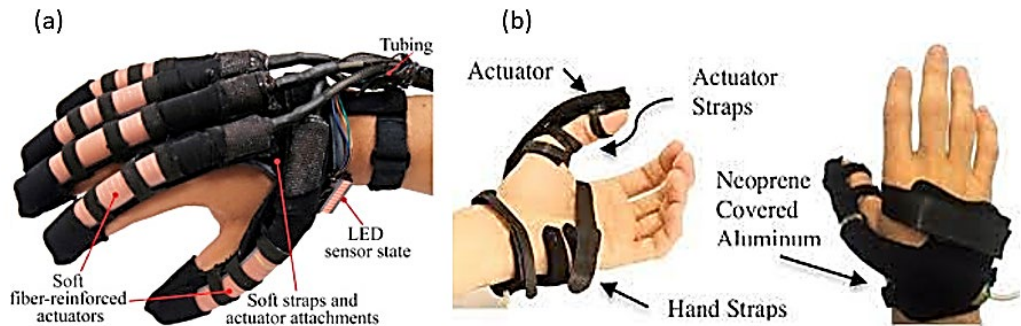
Οι δύο πρωταρχικοί σκοποί της συμβατικής ένδυσης είναι η προστασία και η ελκυστικότητα. Και μέχρι αυτό το σημείο, στα ενδύματα έχουν προστεθεί πολλά επιπλέον χαρακτηριστικά, όπως η παροχή θερμότητας στο χρήστη, η επικοινωνία και η αισθητήρια ιδιότητα σε μηχανικά, οπτικά και χημικά ερεθίσματα. Με την απόκριση των ενεργοποιητών στα ερεθίσματα, το υλικό μπορεί να παρουσιάσει, κίνηση, δόνηση, σημαντική παραμόρφωση, δύναμη και έκκριση υλικού (material discharge). Τυπικά, ο όρος "εύκαμπτος συμβατικός ενεργοποιητής" αναφέρεται σε πνευματικούς τεχνητούς μύες που έχουν δημιουργηθεί για την υποστήριξη ιατρικού εξοπλισμού κατά την αποκατάσταση. Αυτά τα φορητά προϊόντα είναι άβολα και μοιάζουν περισσότερο με μηχανικές παρά με υφασμάτινες συσκευές και επιπροσθέτως είναι και ογκώδη. Υπάρχουν, επί του παρόντος, λίγα παραδείγματα έξυπνων υφασμάτων που χρησιμοποιούνται όπως οι εύκαμπτοι ενεργοποιητές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι, σε σύγκριση με τους πνευματικούς ενεργοποιητές, έχουν χαμηλή απόδοση ενεργοποίησης. Είναι σε εξέλιξη πολλές μελέτες για τη βελτίωση της απόδοσης της ενεργοποίησής τους. Επιπλέον, οι μαλακοί ενεργοποιητές σε μορφή φιλμ θεωρούνται εξαιρετικά κατάλληλοι για κλωστοϋφαντουργική επεξεργασία.

Ο αριθμός των ηλικιωμένων σε όλο τον κόσμο αυξάνεται συνεχώς τις τελευταίες δεκαετίες. Τόσο οι ανεπτυγμένες όσο και οι αναπτυσσόμενες χώρες, βιώνουν τις ίδιες τάσεις. Η γήρανση οδηγεί σε γενική επιβράδυνση των βιολογικών διεργασιών του ανθρώπινου σώματος. Το ενδιαφέρον για τα σχετικά θέματα έχει αυξηθεί ως αποτέλεσμα της αύξησης του πληθυσμού ηλικιωμένων ανθρώπων και της αυξανόμενης ζήτησης για θεραπεία αποκατάστασης. Πολλά άτομα εμφανίζουν εγκεφαλικές βλάβες, ως αποτέλεσμα ασθενειών που προκαλούν γνωστικές και κινητικές βλάβες, εκτός από τις δυσκολίες που σχετίζονται με την ηλικία. Υπάρχει μεγάλος αριθμός ατόμων που χρειάζονται ειδική φροντίδα, είτε για αποκατάσταση είτε για βοήθεια στην διεκπεραίωση των καθημερινών τους δραστηριοτήτων.



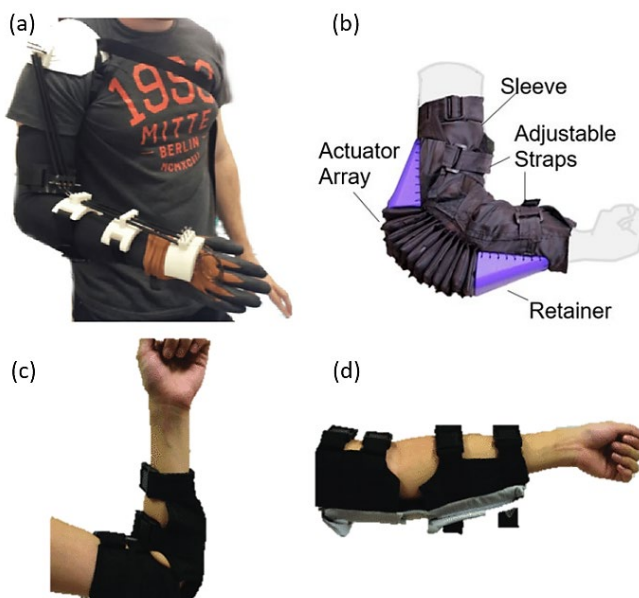
Οι περισσότερες θεραπείες αποκατάστασης γίνονται κυρίως με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι η συνεχιζόμενη άσκηση που απλά εμποδίζει την επιδείνωση της γενικής κατάστασης ασθενών που πάσχουν από χρόνιες παθήσεις. Ενώ ο δεύτερος συνίσταται στην συνεχή άσκηση για ασθενείς με τραύματα που μπορεί να τους επιτρέψει να ανακτήσουν την πλήρη ή μερική μυϊκή λειτουργία. Τα συστήματα και οι μέθοδοι αποκατάστασης ενδέχεται να διαφέρουν πολύ και πρέπει να προσαρμοστούν κατά περίπτωση. Το αποτέλεσμα έχει υψηλό κοινωνικό κόστος. Η χρήση ρομποτικού εξοπλισμού για την παροχή υποστήριξης και την πραγματοποίηση αποκατάστασης είναι μια λύση που δεν θεωρείται απίθανη. Οι πνευματικοί ενεργοποιητές έχουν δημιουργηθεί για την βοήθεια των ασθενών, χρησιμοποιώντας ένα σκληρό πλαίσιο, σαν εξωσκελετό ή τοποθετώντας ιμάντες στα κατάλληλα σημεία. Αυτά τα εργαλεία αποκατάστασης προορίζονται για τους ακόλουθους σκοπούς, με βάση τις κινήσεις ή τις λειτουργίες ενεργοποίησης που εκτελούνται από τους πνευματικούς ενεργοποιητές (Belforte et al. 2007):

Ενεργοποίηση χεριών: Οι πνευματικοί μύες, οι οποίοι συνδέονται στο πίσω μέρος των δακτύλων, είναι κατασκευασμένοι ειδικά για να λυγίζουν τα δάχτυλα. Ένα μαλακό ρομποτικό γάντι με έναν ενεργοποιητή που κινείται με υγρό χρησιμοποιούνταν για να βοηθήσει την κίνηση του χεριού για να πιάνει. Για τη δημιουργία μιας συμβατικής κίνησης λαβής, χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί τρόποι ενεργοποίησης για τον αντίχειρα και για τα υπόλοιπα δάχτυλα (Εικόνα 5.2α) (Polygerinos et al. 2015). Για άτομα με δυσλειτουργία στα χέρια που έχει προκληθεί από νευρολογικές παθήσεις, το μαλακό ρομποτικό σύστημα αποκατάστασης του αντίχειρα που περιγράφεται σε μια μελέτη, αντιγράφει και ανακτά τη σωστή κινητική λειτουργία του αντίχειρα (Εικόνα 5.2β) (Maeder-York et al. 2014). Στο Πανεπιστήμιο της Οκαγιάμα, ο Sasaki και τα υπόλοιπα μέλη της συγγραφικής του ομάδας, σχεδίασαν ένα γάντι τροφοδοσίας (power assist glove) για να πιάνει το χέρι και να ενισχύει τη Δραστηριότητα Καθημερινής Ζωής (ADL) με μια απλή και ασφαλή προσέγγιση. Ο αντίθετος αντίχειρας κινείται από δύο πνευματικούς μύες γραμμικού τύπου, που βρίσκονται στη βάση του αντίχειρα, ο ένας στο πίσω μέρος του χεριού και ο άλλος στην παλάμη. Οι καμπύλοι πνευματικοί μύες από καουτσούκ που συνδέονται με το πίσω μέρος των δακτύλων επιτρέπουν την κάμψη των δακτύλων (Sasaki et al. 2004).



Εικόνα 5.2. (α) Υδραυλικό μαλακό γάντι για συνδυασμένη υποβοήθηση και αποκατάσταση στο σπίτι (Polygerinos et al. 2015), (β) Ανεπτυγμένο εξάρτημα χειρός με ενσωματωμένο τμηματοποιημένο μαλακό ενεργοποιητή (Maeder-York et al. 2014).

Ενεργοποίηση αγκώνα: Οι μύες είναι κατασκευασμένοι με τρόπο που να βοηθούν στην κίνηση του αγκώνα ή την άρθρωση να ανακτήσει τη λειτουργία της. Για τη σωστή άρθρωση του αγκώνα του ασθενούς, προτείνεται εξωσκελετός ιατρικής αποκατάστασης που χρησιμοποιεί σύρματα SMA ως ενεργοποιητές για τον αγκώνα. Ο προτεινόμενος εξωσκελετός είναι αθόρυβος και ελαφρύς, γεγονός που ενισχύει την ικανότητα των ασθενών να κάνουν τις καθημερινές τους εργασίες και παράλληλα να πραγματοποιείται η διαδικασία ιατρικής αποκατάστασης (Coraci et al. 2017). Μια καινοτόμος ιδέα για έναν ενεργοποιητή με βάση το ύφασμα που παρουσιάστηκε, αποτελείται από έναν φουσκωτό σωλήνα διπλωμένο μέσα σε ένα υφασμάτινο περίβλημα. Ο προτεινόμενος ενεργοποιητής αποδίδει ικανοποιητικά όταν ο χρήστης κρατά βάρη. Σε δοκιμές που διεξήχθησαν με καμπύλη μεγέθους αγκώνα και το φορητό γάντι και χρησιμοποίησαν φορτία 9 και 20 κιλών. Προτείνεται η χρήση μιας κατασκευής με μεταβλητή καμπυλότητα, ώστε να επιτυγχάνεται η αλλαγή του σχήματος του ενεργοποιητή όταν βρίσκεται υπό πίεση (Nassour et al. 2020). Ο Koh και η συγγραφική του ομάδα από το Εθνικό Πανεπιστήμιο της Σιγκαπούρης σχεδίασαν ένα μαλακό ρομποτικό αγκώνα με παθητική και ελεγχόμενη από πρόθεση (intent-controlled) ενεργοποίηση (Koh et al. 2017).



Εικόνα 5.3. (α) Εξωσκελετός ιατρικής αποκατάστασης για σωστή άρθρωση του αγκώνα του ασθενούς (Coraci et al. 2017). (β) Σχεδιασμός μαλακού ρομποτικού αγκώνα (Thalman et al. 2018). Διαμόρφωση βραχιόνων κατά τη χρήση του μαλακού ρομποτικού μανικιού αγκώνα. (γ) κάμψη αγκώνα και (δ) αγκώνα σε έκταση (Koh et al. 2017).

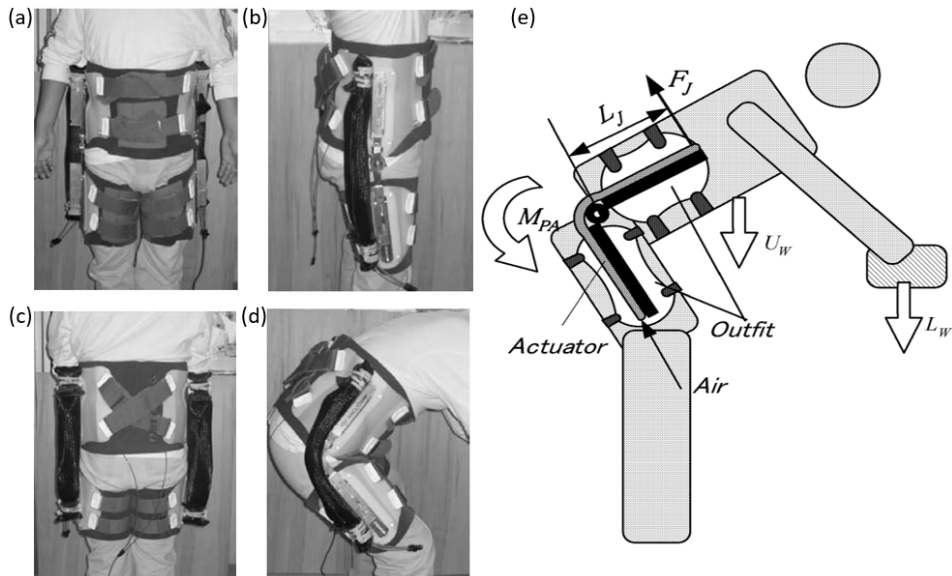
Ενεργοποίηση άνω άκρων: Ο ώμος, ο βραχίονας και ο αντιβραχίονας (πήχης) της συσκευής υποβοήθησης κινητικότητας των άνω άκρων ενώνονται με δύο αρθρώσεις που κινούνται με κινητήρα (Chakraborty et al. 2018). Ο νάρθηκας τροφοδοσίας για τον άνω βραχίονα, που δημιουργήθηκε από μια ερευνητική ομάδα στο Πανεπιστήμιο της Οκαγιάμα, τροφοδοτεί τις αρθρώσεις του καρπού και του αγκώνα για να βοηθήσει στην κίνηση του άνω άκρου. Ένα μαλακό υλικό, όπως ένα γάντι δεν επαρκεί σε αυτήν την περίπτωση για να λειτουργήσει ως διεπαφή με τον ασθενή. Απαιτείται μεγαλύτερη ακαμψία, επειδή οι ενεργοποιητές μεταδίδουν ισχυρότερες δυνάμεις στα άκρα (Sasaki et al. 2005). Ο ερευνητής, Ciaran από το Πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ, έχει αναπτύξει μαλακά φορέσιμα ρομπότ, βασισμένα σε υφάσματα για αποκατάσταση και βοήθεια στα άνω άκρα (O'Neill 2021). Αρχικά, κατασκευάστηκαν πνευματικοί υφασματίνοι ενεργοποιητές (unfolding textile-based pneumatic actuators) για να μεταφέρουν



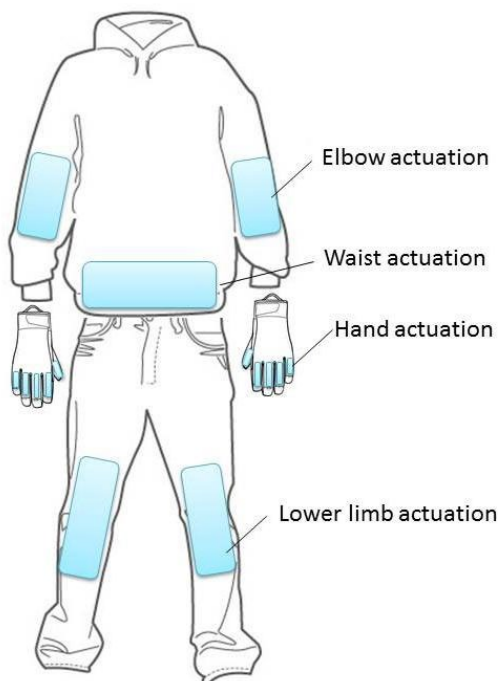
τις ροπές απευθείας στην άρθρωση-στόχο και μια ποικιλία φυσικών πρωτοτύπων χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση και αξιολόγηση των διαδικασιών ενεργοποίησης των ενεργοποιητών. Στα πλαίσια διεξαγωγής ερευνών έχουν κατασκευαστεί πολλά διαφορετικά είδη συσκευών υποβοήθησης άνω άκρων. Οι μύες τροφοδοτούν την κίνηση της άρθρωσης του αγκώνα.

Ενεργοποίηση κορμού και μέσης: Η συσκευή που έχει σχεδιαστεί για να βοηθά την κίνηση της μέσης αποτελείται από δύο άκαμπτα κομμάτια που ενώνονται μεταξύ τους με έναν μεντεσέ και συνδέονται με πνευματικούς μύες που έχουν σχήμα καμπύλης μορφής (NORITSUGU και GAO 2005). Το ανθρώπινο σώμα είναι εξοπλισμένο με μια φορητή συσκευή τροφοδοσίας που βοηθά τους μύες να αποδίδουν πιο αποτελεσματικά. Αυτή η συσκευή βοηθά τις καθημερινές δραστηριότητες, την αποκατάσταση, τη βαριά εργασία, την εκπαίδευση και άλλες εργασίες (Noritsugu 2015).

Ενεργοποίηση κάτω άκρων: Οι παράλληλοι μύες που χρησιμοποιούνται στο ενεργό κάτω άκρο τροφοδοτούν την άρθρωση του γόνατος. Η συσκευή έχει σχεδιαστεί για να παρέχει περισσότερη ανεξαρτησία κίνησης σε ένα ηλικιωμένο ή με αναπηρία άτομο που μπορεί να περπατήσει, αλλά δυσκολεύεται να καθίσει και να σηκωθεί από μια καθιστή στάση (Raparelli et al. 2004). Οι τρεις κύριες προκλήσεις στο σχεδιασμό αυτού του είδους φορητών συσκευών είναι το βάρος, η ισχύς και η παραμορφωσιμότητα. Οι πνευματικοί μύες εξακολουθούν να έχουν τεράστια χωρητικότητα και απαιτούν μια πηγή πεπιεσμένου αέρα που θα οδηγείται στη φορητή συσκευή. Για την επίτευξη αυτών των στόχων απαιτούνται ενεργοποιητές που είναι ασφαλείς, μικρού μεγέθους και βάρους και ευκίνητοι. Για τα άτομα με αναπηρία, μια φορητή συσκευή αποκατάστασης είναι τόσο βασική όσο και τα καθημερινά ρούχα. Η βέλτιστη επιλογή είναι ένας εύκαμπτος ενεργοποιητής, όπως αυτοί που συζητήθηκαν παραπάνω, σε μορφή φύλλου. Στην εικόνα 4 παρουσιάζεται μια φορητή στολή βοήθειας αποκατάστασης με ενεργοποιητές στοίβας (DE), διατεταγμένους για διάφορες ενεργοποιήσεις.



Εικόνα 5.3. (α)εμπρόσθια όψη, (β) πλάγια όψη (όρθια), (γ) οπίσθια όψη, (δ) πλάγια όψη (σε κάψη) και (ε) αρχή λειτουργίας της συσκευής υποβοήθησης ισχύος μέσης (NORITSUGU και GAO 2005).



Εικόνα 5.4 : Φορέσιμη συσκευή υποβοήθησης αποκατάστασης (Stack DE-based)
(Tao 2015).

Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε μια εξέλιξη στην ανάπτυξη κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων με ενεργοποιητές για χρήση σε εφαρμογές φορέσιμων συσκευών και συγκεκριμένα για αποκατάσταση ασθενών. Οι εύκαμπτοι ενεργοποιητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για υγειονομική περίθαλψη και φορητό ιατρικό εξοπλισμό. Για την κατασκευή τέτοιου είδους μικροσυσκευών (gadget), οι ενεργοποιητές χρειάζεται να ενσωματωθούν σε ενδύματα με χαρακτηριστικά που είναι αρκετά χρήσιμα για θεραπευτικό μασάζ, αποκατάσταση και υποβοήθηση κίνησης ασθενών. Ωστόσο, επειδή είναι δύσκολο να προβλεφθεί με ακρίβεια η συμπεριφορά των υφασμάτων, όσον αφορά την ευκαμψία και τη συμβατότητα, ο σχεδιασμός των ενεργοποιητών που βασίζονται σε υφάσματα είναι συχνά μια επαναληπτική διαδικασία. Ένα ύφασμα ή ένα ένδυμα θα γίνει πιο έξυπνο, εάν διαθέτει αυτά τα χαρακτηριστικά. Αν και υπάρχει ακόμη πολύς και δύσκολος δρόμος για να γίνουν πραγματικότητα, οι εύκαμπτοι



ενεργοποιητές θεωρούνται απαραίτητοι. Τα μελλοντικά έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αναμένεται να ωφεληθούν σε μεγάλο βαθμό από ορισμένους από αυτούς τους εύκαμπτους ενεργοποιητές, οι οποίοι σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές ενδέχεται να είναι παρόμοιοι με φυσικούς μύες.

Αναφορές

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. Chakarov D, Veneva I, Tsveon 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>
3. 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>
4. 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>
5. 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>
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. 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>
8. 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>
9. O'Neill C (2021) Textile-based Soft Wearable Robots for Upper-Limb Rehabilitation and Assistance. Harvard University



10. 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>
11. 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
12. 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
13. 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>
14. Tao X (2001) *Smart Fibres, Fabrics and Clothing, Fundamentals and Applications*, 1st edn. Woodhead Publishing
15. Tao X (2015) *Handbook of smart textiles*. Springer Singapore, Hung Hom, Hong Kong
16. 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>



Κεφάλαιο 6: Συσκευές συγκομιδής ενέργειας βασισμένες σε κλωστοϋφαντουργικά ηλεκτρόδια

Aileni Raluca Maria, Cristina Stroe, INCOTP, Ρουμανία

Περίληψη

Οι συσκευές συλλογής ενέργειας που έχουν ως βάση το ύφασμα, αντιπροσωπεύουν μια εναλλακτική της κλασικής μπαταρίας με περιορισμένη μνήμη και ποσότητα ενέργειας, επειδή μπορεί να λάβει ενέργεια από διαφορετικές πηγές (ηλιακή ενέργεια, κινητική, θερμική, χημική ενέργεια και ηλεκτρομαγνητικά κύματα). Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει τις κύριες πτυχές των φορέσιμων συσκευών συγκομιδής ενέργειας και των χρησιμοποιούμενων κλωστοϋφαντουργικών υλικών και τεχνολογιών για την ανάπτυξη τους.

Εισαγωγή

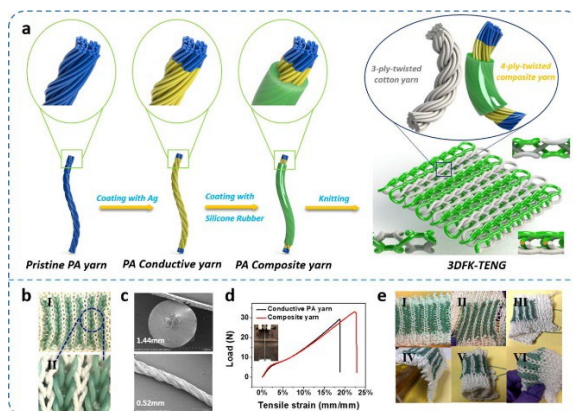
Μια εναλλακτική λύση για τη χρήση μπαταριών, οι οποίες έχουν περιορισμένη χωρητικότητα αποθήκευσης ενέργειας, είναι οι συσκευές συγκομιδής ενέργειας, επειδή διάφορες πηγές ενέργειας, όπως κινητική, θερμική, ηλεκτρομαγνητική, ακόμη και χημική, βρίσκονται σε απεριόριστες ποσότητες και μπορούν να αξιοποιηθούν για να μετατραπούν σε ηλεκτρική ενέργεια και να αποθηκευτούν για να εξασφαλίσουν ισχύ σε διάφορες φορητές αυτόνομες συσκευές. Οι γενικές αρχές (ηλεκτρομηχανικές, θερμοηλεκτρικές, ηλεκτρομαγνητικές, πιεζοηλεκτρικές) αποτελούν αφετηρία για την ανάπτυξη συσκευών συλλογής ενέργειας. Πολυάριθμες μελέτες διερευνούν την υλοποίηση αυτών των συσκευών, χρησιμοποιώντας κλωστοϋφαντουργικά υλικά, κατασκευασμένα από ηλεκτροαγώγιμες ίνες/καλώδια ή με εναπόθεση πολυμερών μεμβρανών με μαγνητοηλεκτρικές ιδιότητες (π.χ. PVDF).

Τύποι και κατασκευή συσκευών συγκομιδής ενέργειας

Οι συσκευές συλλογής ενέργειας (Energy Harvesting Devices-EHD) μπορούν να λύσουν το πρόβλημα παροχής ενέργειας στην περίπτωση αυτόνομων φορέσιμων

συσκευών (ενεργοποιητές ή αισθητήρες σε φορέσιμα συστήματα). Ένα τέτοιου είδους ανεξάρτητο σύστημα τροφοδοσίας είναι απαραίτητο κυρίως σε ένα δύσκολο περιβάλλον εφαρμογής ή για φορητά εμφυτεύματα (βηματοδότη), επειδή, για παράδειγμα, η αυτονομία της μπαταρίας για τους βηματοδότες είναι περίπου 12-13 χρόνια. Η ενέργεια εισόδου (θερμική, ηλεκτροστατική, μηχανική, ηλεκτρομαγνητική, ηλιακή) που προέρχεται από διαφορετικές πηγές (θερμότητα ανθρώπινου σώματος, κίνηση του ανθρώπινου σώματος, περιβάλλον, ήλιος, άνεμος), προκειμένου να συλλεχθεί και να μετατραπεί σε ηλεκτρική για την τροφοδοσία φορέσιμων αυτόνομων συσκευών, απαιτείται η χρήση θερμοηλεκτρικών, πιεζοηλεκτρικών ή τριβοηλεκτρικών υλικών/στοιχείων, ενσωματωμένων στις συσκευές αυτές. Ένα πνευματικό σύστημα συγκομιδής ενέργειας μπορεί να ανακτήσει μέγιστη ισχύ 3W και να ξεπεράσει την ενεργειακή απόδοση ηλεκτρομαγνητικής, πιεζοηλεκτρικής και τριβοηλεκτρικής μετατροπής κατά 20%. Τα συστήματα συγκομιδής ενέργειας αποτελούνται από υλικά/συστήματα (π.χ. υφασμάτινο μικροκαλώδιο για την ταυτόχρονη συλλογή ηλιακής και μηχανικής ενέργειας) που μπορούν να μετατρέψουν έναν άλλο τύπο ενέργειας (μηχανική, ελαφριά, θερμική κ.λπ.) σε ηλεκτρική ενέργεια.

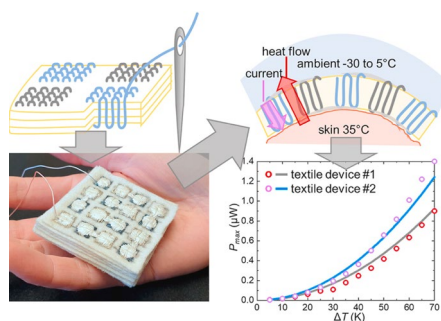
➔ Η ηλεκτροστατική επαγωγή και το τριβοηλεκτρικό φαινόμενο παράγουν μικρές ποσότητες ισχύος από μηχανική κίνηση. Στο σχήμα 1.1. παρουσιάζεται η τρισδιάστατη, διπλής όψης υφασμάτινη τριβοηλεκτρική νανογεννήτρια (3DFIF-TENG) που βασίζεται σε πλεκτό ύφασμα δομής interlock που μπορεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, λυγίζοντας και τεντώνοντας το ύφασμα [1].



Εικόνα 6.1 Διαδικασία κατασκευής και μηχανική συμπεριφορά της τριβοηλεκτρικής νανογεννήτριας 3DFIF-TENG [1]

➔ Η παραγωγή συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος (DC) από ασύρματα σήματα του περιβάλλοντος (ambient wireless signals) μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση αγώγιμων και διηλεκτρικών κλωστοϋφαντουργικών υλικών (ίνες, νήματα) που υποβάλλονται σε επεξεργασία κλωστοποίησης, ύφανσης, πλέξης, κεντήματος, με εναπόθεση αγώγιμων μελανιών σε μονωτικά υλικά και με κεραίες που δημιουργούνται από ένωση τμημάτων για συλλογή ενέργειας και στη συνέχεια μπορούν να γίνουν εφαρμογές [2]. Επιπλέον, είναι δυνατόν να λάβουμε ηλεκτρικό ρεύμα από ηλεκτρομαγνητικά κύματα (RF) με τη χρήση μιας κεραίας και ενός διορθωτή κατασκευασμένου από κέντημα αγώγιμου νήματος σε κλωστοϋφαντουργικό μονωτικό υπόστρωμα [3].

➔ Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από θερμική ενέργεια μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση υλικών τύπου p και n που βασίζονται σε νήματα από ασήμι και κλωστοϋφαντουργικά νήματα που λειτουργούν με εναπόθεση αγώγιμων πολυμερών (PEDOT: PSS) και ραφής/κεντήματος για την κατασκευή θερμοηλεκτρικών κλωστοϋφαντουργικών γεννητριών [4, 5] (εικόνα 2).



Εικόνα 6.2 Υλικά που χρησιμοποιούνται στα θερμοηλεκτρικά υφάσματα [4]

Προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία φορητών συσκευών, οι συσκευές συγκομιδής ενέργειας [6] (Πίνακας 1) θα πρέπει να μετατρέψουν τους διαφορετικούς τύπους ενέργειας (θερμική, μηχανική, ραδιοσυχνότητα και ηλιακή) σε ηλεκτρική ενέργεια, βάσει διαφορετικών αποτελεσμάτων (Seedbeck, EM Energy harvesting, Piezoelectric, Φωτοηλεκτρικός).



Πίνακας 1 Τύποι συσκευών συγκομιδής ενέργειας

| Τύπος | Αποτέλεσμα | Ενέργεια εισαγωγής | Πηγή ενέργειας | Φορέσιμη συσκευή είδος και ενσωμάτωση Wearable device type and integration | Domain* | Παράδειγμα |
|----------------------|---|--------------------|------------------------------|---|------------|---|
| Θερμοηλεκτρική (TEG) | Θερμοηλεκτρικό φαινόμενο | Θερμική | Θερμότητα ανθρώπινου σώματος | Σύστημα σε τσιπ(SoC) στον καρπό [7] System on chip (SoC); Wrist [7]  | M, P, A, S | Turning heat into electricity |
| Πιεζοηλεκτρική (PE) | Πιεζοηλεκτρικό | Μηχανική | Κίνηση ανθρώπινου σώματος | Συγκομιδή βασιζόμενη στο πνευματικό σύστημα [8]  | M, P, A, S | Piezoelectric fiber for motion sensitive textiles Textile based pneumatic energy harvester Fiber-based triboelectric nanogenerators |
| Ραδιοσυχνότητες (RF) | Ενέργεια σάρωσης σε ζώνες ραδιοσυχνότητας (GSM (900 MHz), WiFi, ISM (2,4 GHz) | Ηλεκτρομαγνητική | Περιβάλλον | Πουκάμισο (RF) με συσκευή συγκομιδής ενέργειας [9]  | M, P, A, S | |
| Ηλιακή | Φωτοηλεκτρικό | Ηλιακή | Περιβάλλον | Τζάκετ με ενσωματωμένη συσκευή συγκομιδής ενέργειας [10] | M, P, A, S | Photovoltaic power from textiles |



| | | | | | | |
|---------------------------|---|------------------------|-------------------------------------|--|------------|---|
| | | | |  | | |
| Υβριδική νανογεννήτρια | Φωτοηλεκτ ρικό και πιεζοηλεκτ ρικό | Μηχανική και Ηλιακή | Ανθρώπινο σώμα και περιβάλλον | Μπουφάν με ηλιακή και πιεζοηλεκτρική γεννήτρια [10]   | M, P, A, S | Twisted yarn actuator |

Αναφορές

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.



Κεφάλαιο 7: Απαιτήσεις και προοπτική των τελικών χρηστών στην επιλογή των έξυπνων προϊόντων

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

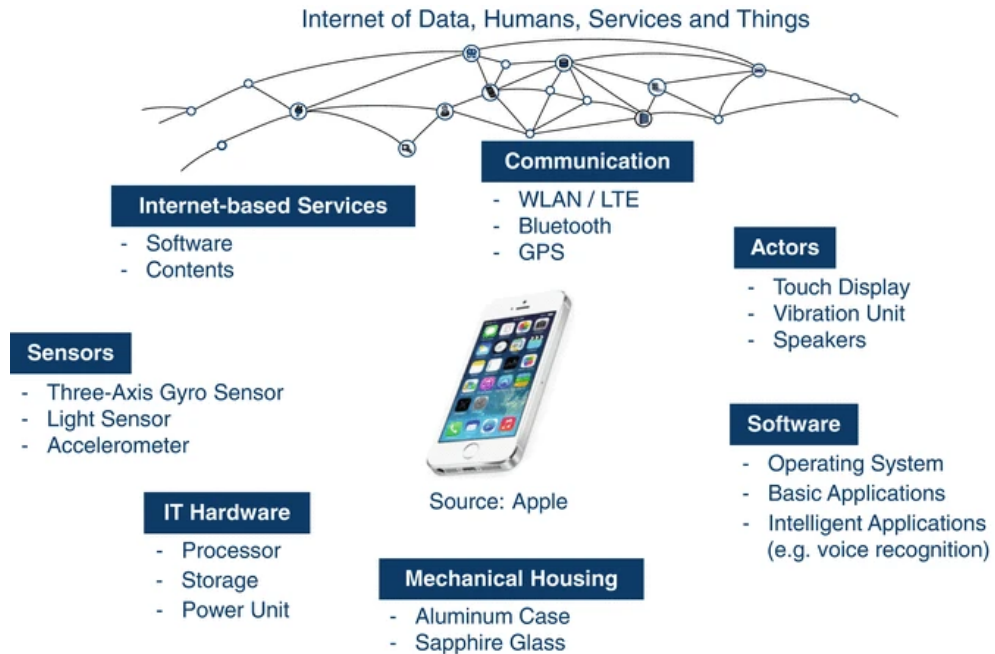
Περίληψη

Η παγκόσμια οικονομία και οι απαιτήσεις της αγοράς εξελίσσονται ραγδαία τα τελευταία χρόνια και η ζήτηση για έξυπνα προϊόντα αυξάνεται. Ως αποτέλεσμα των πρόσφατων τεχνικών προόδων, σχεδιάζονται έξυπνα προϊόντα με νέες λειτουργίες. Ωστόσο, η παραγωγή έξυπνων προϊόντων απαιτεί σημαντικές προσαρμογές στις διαδικασίες ανάπτυξης προϊόντων, οι οποίες έχουν σημειώσει πολλές προόδους τα τελευταία χρόνια, αναφορικά με τη θεωρία, τις μεθοδολογίες και τις προσεγγίσεις. Τα έξυπνα προϊόντα μπορούν να συλλέγουν, να επεξεργάζονται και να εξάγουν πληροφορίες. Το παρόν κεφάλαιο πραγματεύεται τις απαιτήσεις του τελικού χρήστη και την προοπτική στην επιλογή έξυπνων προϊόντων.

Εισαγωγή

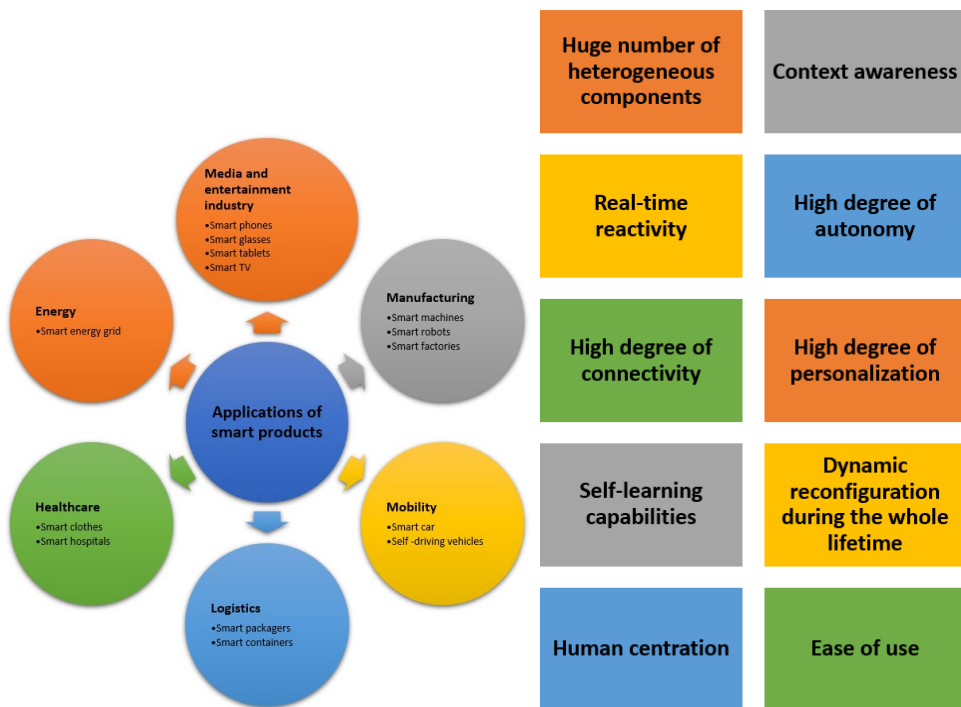
Το «έξυπνο προϊόν» έχει κερδίσει δημοτικότητα τα τελευταία 10 χρόνια μεταξύ ειδικών της τεχνολογίας και ακαδημαϊκών. Στις αρχές της δεκαετίας, τα έξυπνα προϊόντα χρησιμοποιούνταν κυρίως για την προώθηση τεχνολογιών αιχμής σε εμπορικές εκθέσεις. Ωστόσο, ως αποτέλεσμα των τεχνολογικών καινοτομιών, τα έξυπνα προϊόντα είναι ήδη πραγματικότητα και, σε ορισμένες περιπτώσεις, έχουν ήδη συμβάλει στο να διαταραχθούν οι συμβατικές επιχειρήσεις, στην αρχή μιας νέας εποχής που χαρακτηρίζεται από το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), το τεχνολογικό μάρκετινγκ και την καινοτομία (Ng και Wakenshaw 2017, Tomiyama et al, 2019, Li et al. 2021). Τα κυβερνοφυσικά συστήματα (CPS), τα οποία επίσης ενσωματώνουν και χρησιμοποιούν υπηρεσίες που βασίζονται στο Διαδίκτυο για την βασική λειτουργικότητά τους, αναφέρονται ως έξυπνα προϊόντα (Abramovici 2015, Zheng et al. 2019). Τα CPS περιγράφονται ως «έξυπνες» μηχανητρονικές συσκευές ή συστήματα που ενδέχεται να αλληλεπιδρούν και να επικοινωνούν με

άλλα CPS, μέσω διαφόρων καναλιών επικοινωνίας, όπως το ασύρματο LAN ή το Διαδίκτυο (Abramovici 2015; Shao et al. 2019; Zheng et al. 2019).



Εικόνα 7.1. Βασικά στοιχεία ενός έξυπνου προϊόντος, παράδειγμα ενός έξυπνου κινητού τηλεφώνου (Abramovici 2015).

Τα φυσικά και εικονικά στοιχεία, καθώς και τα προϊόντα και οι υπηρεσίες που βασίζονται στο Διαδίκτυο, διαλύονται όλα από τα έξυπνα προϊόντα. Το σχήμα 1 απεικονίζει τα βασικά στοιχεία ενός έξυπνου προϊόντος χρησιμοποιώντας το παράδειγμα του πιο γνωστού έξυπνου προϊόντος, του smartphone. Το σχήμα 2 απεικονίζει τις εφαρμογές και τα κύρια χαρακτηριστικά των έξυπνων προϊόντων (Abramovici 2015; Shao et al. 2019).



Εικόνα 7.2. Εφαρμογές (a) και βασικά χαρακτηριστικά (b) έξυπνων προϊόντων.

Απαιτήσεις τελικού χρήστη και προοπτική των έξυπνων προϊόντων

Τα έξυπνα προϊόντα διαφέρουν από τα συμβατικά προϊόντα, στο ότι διαθέτουν μερικές επιπλέον λειτουργικές δυνατότητες. Αυτές περιλαμβάνουν την αυτονομία, την αξιοπιστία και την εξατομίκευση, καθώς επίσης την έξυπνη αλληλεπίδραση με το χρήστη. Οι λειτουργικές δυνατότητες αυτές, είναι το αποτέλεσμα μιας σειράς τεχνικών ιδιοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της ανθεκτικότητας, της ευφυΐας και της συνδεσιμότητας που υποστηρίζονται από την ανίχνευση (λειτουργία αισθητήρα) και τη δυνατότητα επαναδιαμόρφωσης. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των έξυπνων προϊόντων είναι η ευφυΐα τους, η οποία περιλαμβάνει λειτουργίες, όπως η αναγνώριση (ομιλία, όψη, γλώσσα κ.λπ.), συλλογισμός και μάθηση. Οι ευφυείς αλληλεπιδράσεις με τους χρήστες είναι η πρώτη έννοια του όρου «έξυπνο» για ένα προϊόν. Το δεύτερο συστατικό είναι αυτό που αναφέρεται ως έξυπνος έλεγχος, ο οποίος υπερβαίνει τον συμβατικό έλεγχο



ανάδρασης. Τρίτον, άλλα χαρακτηριστικά, όπως η αυτονομία και η επαναδιαμόρφωση, προκύπτουν από τη νοημοσύνη (Nee et al. 2012; Choi et al. 2015).

Τα έξυπνα προϊόντα θα πρέπει να διαθέτουν έξυπνους αισθητήρες και δυνατότητα ανίχνευσης. Τα έξυπνα προϊόντα μπορούν να ανιχνεύσουν εξωτερικά ερεθίσματα και να συγκεντρώσουν πληροφορίες μέσω του αισθητήρα. Τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μακροπρόθεσμους και βραχυπρόθεσμους σκοπούς. Ο αισθητήρας αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων και τα τσιπ IoT παρέχουν τέτοιες δυνατότητες (Teti et al. 2010; Gubbi et al. 2013; Ungurean et al. 2014; Yasuura, Hiroto Kyung, Chong-Min Liu, Yongpan Lin 2017).

Ο λεκτικός, ο οπτικός, ο απτικός και άλλοι τρόποι επικοινωνίας θεωρούνται απαραίτητοι για την αλληλεπίδραση του ανθρώπου με τα έξυπνα προϊόντα. Το καλύτερο έξυπνο προϊόν, ωστόσο, θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι είναι αυτό που επικοινωνεί με τους χρήστες με πολύ έξυπνους τρόπους, ενώ απαιτεί την ελάχιστη ανθρώπινη αλληλεπίδραση. Η διεπαφή χρήστη της οθόνης αφής επιτρέπει αμφίδρομες επικοινωνίες, αλλά όχι όπως η παραδοσιακή (Nee et al. 2012; Choi et al. 2015).

Τα συστήματα προϊόντων-υπηρεσιών μπορούν να συμπεριληφθούν στα έξυπνα προϊόντα. Μέσω της χρήσης αισθητήρων, συλλέγονται λειτουργικά δεδομένα, τα οποία αξιοποιούνται καλύτερα για τη συντήρηση και τη διαχείριση του κύκλου ζωής. Στα έξυπνα οχήματα που χρησιμοποιούνται για αυτόνομες υπηρεσίες MaaS, αυτά τα είδη χαρακτηριστικών μπορεί να είναι απαραίτητα. Από τεχνικής απόψεως, αυτό δείχνει ότι απαιτείται ουσιαστικά υψηλότερη αξιοπιστία. Οι νέες τεχνικές παροχής υπηρεσιών, όπως η συνεχής παρακολούθηση της υγείας σε πραγματικό χρόνο, η προληπτική και προγνωστική συντήρηση, είναι πιο γρήγορες και πιο αποτελεσματικές (Zhong et al. 2017; Liu et al. 2020).

Όλα τα χαρακτηριστικά των έξυπνων προϊόντων βασίζονται στη συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο. Καθίσταται δυνατή η συλλογή δεδομένων, αλλά διευκολύνεται επίσης ο αυτοπροσδιορισμός και ο προσδιορισμός τοποθεσίας. Τα όρια της ασύρματης επικοινωνίας προς το παρόν ωθούνται από τις εξελίξεις στις τεχνολογίες ασύρματων επικοινωνιών στο δίκτυο 5G και πέραν (Palattella et al. 2016). Πολλές εφαρμογές θα έχουν επίσης την ευκαιρία να μεταβούν από τοπικούς υπολογιστές σε υπολογιστικό νέφος (cloud computing), υπολογιστές



αιχμής (edge computing) ή υπολογιστές ομίχλης (fog computing). Εάν το οικοσύστημα των έξυπνων προϊόντων είναι πραγματικά επικεντρωμένο στα δεδομένα ή βασίζεται σε δεδομένα, απαιτείται σύνδεση υψηλής ταχύτητας (Agiwal et al. 2016).

Τα έξυπνα προϊόντα πρέπει να διαθέτουν υψηλό βαθμό αυτονομίας. Σε αρκετούς κλάδους, το ενδιαφέρον για την αυτονομία αυξάνεται. Τα αυτόνομα συστήματα έχουν την ικανότητα να αισθάνονται πληροφορίες από το εξωτερικό περιβάλλον, να λαμβάνουν έξυπνες αποφάσεις χωρίς τη βοήθεια των ανθρώπων και να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα (Lucia-Palacios και Pérez-López 2021). Ένα drone ή ένα ρομποτικό υποβρύχιο βαθέων υδάτων μπορεί να πετάξει ή να κολυπήσει μόνο του, χωρίς τη χρήση τηλεχειριστηρίου. Κατά την εκτέλεση της αποστολής τους, δεν πρέπει να τραυματίζεται κανένα εξωτερικό μέρος ή να αποπροσανατολίζεται η κίνησή τους. Ένα αυτόνομο σύστημα μπορεί επίσης να επιδεικνύει μη ντετερμινιστική συμπεριφορά μέσω της αυτομάθησης. Ένα αρθρωτό προϊόν (modular) που διαμορφώνεται μετά τη συναρμολόγηση των μονάδων είναι ένα παράδειγμα αυτόνομης αυτομάθησης (Zhang 2010; Tomiyama et al. 2019; Raff et al. 2020).





Εικόνα 7.3. Παραδείγματα έξυπνων προϊόντων: έξυπνο τηλέφωνο (a) (Apple iPhone 2019), έξυπνο ρολόι (b) (Smartwatch 2022), έξυπνο ένδυμα (c) (Iwano 2020), έξυπνα γυαλιά (d) (Appleglass 2022), έξυπνο ρομπότ (e) (smart robots 2016), έξυπνο αυτόνομο αυτοκίνητο (f) (Zac Estrada 2017); έξυπνη τηλεόραση (g) (Sencor 2022) και έξυπνο κοντέινερ (h) (Reidy 2020).

Η προσαρμογή ή εξατομίκευση θεωρούνται απαραίτητες λειτουργίες για να προσφέρουμε στον πελάτη επιπλέον αξία. Η δυνατότητα επαναδιαμόρφωσης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη διευκόλυνση της προσαρμογής ή της εξατομίκευσης των έξυπνων προϊόντων για την ικανοποίηση ρητών ή σιωπηρών απαιτήσεων των χρηστών (Tseng et al. 2010; Zawadzki and Zywicki 2016; Huikkola et al. 2022). Η αναδιαμόρφωση των έξυπνων προϊόντων μπορεί να συμβεί οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Σε αντίθεση με τον χρόνο που απαιτείται για την αναδιαμόρφωση του προϊόντος, η οποία μπορεί να λάβει οποιαδήποτε μορφή για την προσαρμογή του μηχανήματος σε μεταβαλλόμενα εξωτερικά περιβάλλοντα και πιθανή επιδείνωση των εσωτερικών συνθηκών, ο χρόνος σχεδίασης της αναδιαμόρφωσης συνεπάγεται αλλαγή του σχεδιασμού του μηχανήματος για την προσαρμογή ενός παλιού μοντέλου στις νέες απαιτήσεις του χρήστη (Basten, Twan Hamberg, Roelof Reckers, Frans Verriet 2013· Abramovici et al. 2017· Savarino et al. 2018).

Τα έξυπνα προϊόντα έχουν τη δυνατότητα να έχουν καλύτερες επιδόσεις όσον αφορά τη συντηρησιμότητα, την επεξεργασία κατά το τέλος του κύκλου ζωής τους και την κατανάλωση ενέργειας, παρακολουθώντας την κατάσταση και τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά και αναλύοντας τα δεδομένα που συλλέγονται μεταγενέστερα εφαρμόζοντας μεθόδους ανάλυσης δεδομένων. Αυτό θα μπορούσε να βοηθήσει στην προώθηση της βιωσιμότητας. Στην εικόνα 3 παρουσιάζονται παραδείγματα ορισμένων έξυπνων προϊόντων που διατίθενται στην αγορά.

Συμπεράσματα

Ο ορισμός των έξυπνων προϊόντων, δηλαδή του CPS (Check Clicks per Second: έλεγχος κλικ/δευτερολεπτο) σε ενσωματωμένες υπηρεσίες πελατών που βασίζονται στο διαδίκτυο, γίνεται πλέον πιο συγκεκριμένος. Αυτό υποδηλώνει την ένταση λογισμικού, την βάση δεδομένων και την πολυεπιστημονικότητα. Αλλά η



δημιουργία έξυπνων συσκευών περιλαμβάνει πολύ περισσότερα από την απλή προσθήκη περισσότερων δυνατοτήτων που σχετίζονται με το λογισμικό. Σε σύγκριση με το ρυθμό ανάπτυξης προηγούμενων γενιών, διαφέρει σε μεγάλο βαθμό. Οι έξυπνες υπηρεσίες προσθέτουν αξία στα έξυπνα προϊόντα, αυξάνοντας την αξία της εμπειρίας χρήσης εκ μέρους των χρηστών. Αυτό το κεφάλαιο παρέχει μια γρήγορη επισκόπηση πολλών έξυπνων προϊόντων και στη συνέχεια έγινε αναλυτική αναφορά στα για κοινά χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις τελικού χρήστη.

Αναφορές

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, Chrysosouris 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 Tutorials* 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.it/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://arviem.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>



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 – Παράγοντες επιρροής για τη χρηστικότητα και την αποδοχή των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που είναι ενσωματωμένα σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

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

Εισαγωγή

Ένα έξυπνο ύφασμα είναι ένα λειτουργικό κλωστοϋφαντουργικό υλικό, το οποίο αλληλεπιδρά ενεργά με το περιβάλλον του και ανταποκρίνεται ή προσαρμόζεται στις αλλαγές του. Αυτά τα υφάσματα αντιδρούν σε εξωτερικά ερεθίσματα (φως, θερμοκρασία, υγρασία, πίεση κ.λπ.) και μπορούν να επικοινωνήσουν με άλλες συσκευές, να μεταφέρουν ενέργεια, να μετατραπούν σε άλλα υλικά και να προστατεύσουν τον χρήστη από περιβαλλοντικούς κινδύνους.

Τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα προσφέρουν λειτουργίες στα τελικά προϊόντα και χρησιμοποιούνται σε τομείς με υψηλή προστιθέμενη αξία, όπως η βιομηχανία υγείας και ιατρικής, η αυτοκινητοβιομηχανία & η αεροναυπηγική, τα μέσα ατομικής προστασίας, ο αθλητισμός, κατασκευές και εσωτερική διακόσμηση, μεταξύ πολλών άλλων τομέων.

Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα που είναι ενσωματωμένα σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα ανοίγουν μια σειρά από άπειρες εφαρμογές σε πολλούς τομείς, έχοντας τεράστιες δυνατότητες να κάνουν τη ζωή μας καλύτερη και ευκολότερη. Κάποιοι κατασκευαστές έχουν ενσωματωμένες ηλεκτρονικές συσκευές στο ύφασμα, ενώ σε άλλες περιπτώσεις το ύφασμα αποτελείται από στρώσεις αγώγιμων ηλεκτρονικών, όπως θα δούμε στο πρωτότυπο παρακάτω.

Τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αποτελούν μια σχετικά νέα κατηγορία προϊόντων στον κλάδο της κλωστοϋφαντουργίας. Παρόλο που αυτά τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα έχουν ένα πολλά υποσχόμενο μέλλον, δεν εξαιρούνται από προκλήσεις. Η ενσωμάτωση ηλεκτρονικών υλικών σε νήματα πυρήνα (core-spun) έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, είναι τεχνικά πολύ περίπλοκη και βρίσκεται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο. Πολλές εταιρείες μπορεί να μην έχουν την υποδομή για την κατασκευή αυτών των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και πρέπει να επαναπρογραμματίσουν τις διαδικασίες παραγωγής τους. Το υψηλό κόστος παραγωγής αποτελεί πιθανώς εμπόδιο εισόδου σε αυτή την αγορά για πολλές μικρομεσαίες επιχειρήσεις.

Το πεδίο εφαρμογής των έξυπνων υφασμάτων που εξετάζονται στην παρούσα ενότητα αναφέρεται σε προϊόντα με κλωστοϋφαντουργικό υπόστρωμα και



ενσωματωμένα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, είτε αυτά τα εξαρτήματα είναι αγώγιμα νήματα, είτε αισθητήρες. Αυτού του είδους τα προϊόντα είναι σημαντικά και αντιπροσωπεύουν μια ευκαιρία για τον κλάδο της κλωστοϋφαντουργίας να εξελιχθεί και να εισέλθει στον τομέα των έξυπνων προϊόντων.

Υπάρχουν παραδείγματα έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων (smarty), πολλά εξ αυτών σε μορφή πρωτοτύπου ή προηγμένου πρωτοτύπου. Για παράδειγμα, μια στολή πυροσβέστη εξοπλισμένη με αισθητήρες καρδιακών παλμών που μπορεί να στείλει αυτά τα δεδομένα εξ αποστάσεως ή μια στολή που μπορεί να ανιχνεύσει επικίνδυνες στάσεις του σώματος και να εκπέμψει προειδοποιητικό σήμα. Το σημαντικό στοιχείο σε αυτά τα παραδείγματα είναι η προστιθέμενη αξία των προϊόντων, η οποία σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να αποτελέσει τη βάση ενός νέου επιχειρηματικού μοντέλου.

Πρόκειται για μια ευκαιρία για τον τομέα κλωστοϋφαντουργίας και ένδυσης να επεκταθεί σε νέους επιχειρηματικούς τομείς, και να προσελκύσει κοινό με διαφορετικές ικανότητες και δεξιότητες, όπως η γνώση στα ηλεκτρονικά και τον προγραμματισμό.

Παράγοντες επιρροής για τη χρηστικότητα και την αποδοχή των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που είναι ενσωματωμένα σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

Η έξυπνη ιππασία αποτελεί ένα καλό παράδειγμα για την κατανόηση των παραγόντων επιρροής στη χρηστικότητα και την αποδοχή των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων που είναι ενσωματωμένα σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα.

Το έξυπνο μαξιλαράκι (half pad) ταιριάζει στη στρατηγική χαρτοφυλακίου προϊόντων POLISILK, σχετικά με τη διαφοροποίηση της τελικής χρήσης υφασμάτων που ενσωματώνουν εύκαμπτα ηλεκτρονικά, ως προϊόντα υψηλότερης προστιθέμενης αξίας.

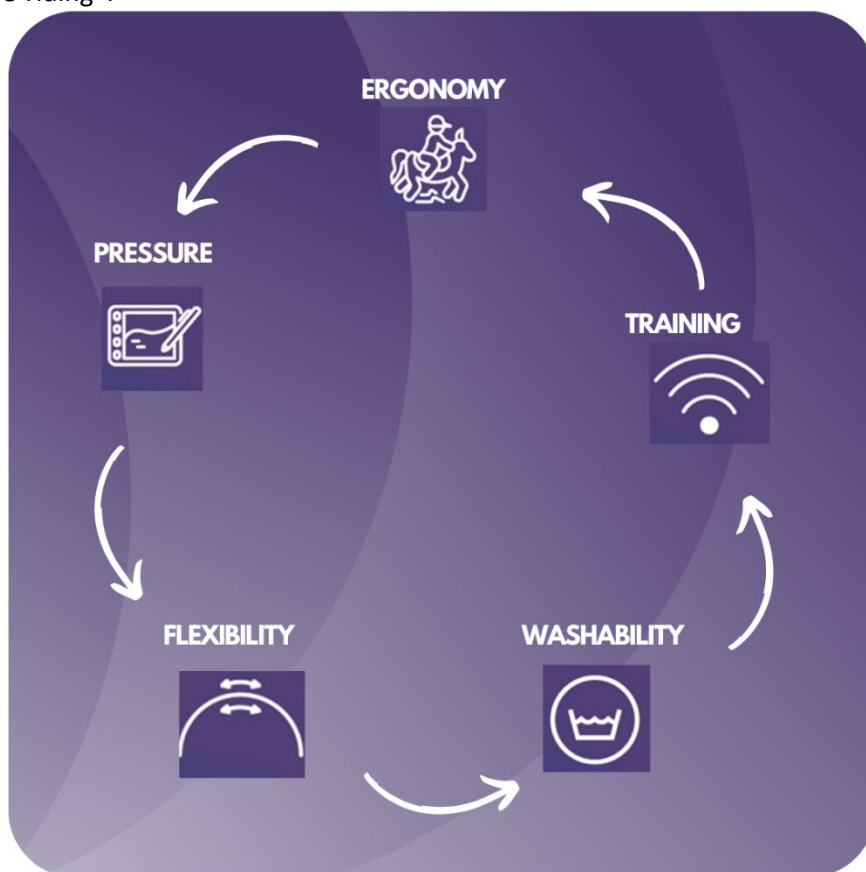
Αυτή η πρωτοποριακή καινοτομία συνίσταται σε ένα έξυπνο (μισό) μαξιλαράκι, προϊόν της αγοράς ειδών ιππασίας (για έλεγχο πειθαρχίας κατά την άσκηση). Το νέο προϊόν ενσωματώνει εύκαμπτα ηλεκτρονικά στοιχεία σε μορφή τυπωμένων αγώγιμων νημάτων και αισθητήρων πίεσης, μέσα στο μαξιλαράκι (τοποθετείται σε μορφή κουβέρτας κάτω από τη σέλα του αλόγου). Τα διαφορετικά σημεία πίεσης που δημιουργούνται από τη θέση του αναβάτη στο άλογο, οπτικοποιούνται μέσω



μιας προσαρμοσμένης εφαρμογής που αναπτύχθηκε κατά το στάδιο ανάπτυξης του πρωτοτύπου.



Στη συνέχεια, επισημαίνονται οι λόγοι προστιθέμενης αξίας του προϊόντος “Smart-horse-riding”:





1. Το **εργονομικό του σχήμα** βοηθά στην αποφυγή τραυματισμών στην ράχη του αλόγου και στον αναβάτη, λόγω ακατάλληλης τοποθέτησης της σέλας.
2. Μέσω συνδεσιμότητας Wi-Fi, το προϊόν έξυπνης ιππασίας στέλνει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, τα οποία συλλέγονται από τον προπονητή, και αξιοποιούνται για τη βελτίωση της απόδοσης κατά τη διάρκεια της **προπόνησης**.
3. Δυνατότητα **εύκολης συντήρησης**: Το προϊόν αποτελείται από προστατευτικά βαριά υφάσματα, τα οποία μπορούν να αφαιρεθούν και να πλυθούν στο πλυντήριο.
4. Ως **εύκαμπτο** προϊόν, η κατασκευή του επιτρέπει 10% επιμήκυνση χωρίς να καταστραφούν οι αισθητήρες. Επίσης, προσφέρει βελτιωμένη δυναμική οδήγησης και μεγαλύτερη αντοχή.
5. Διαθέτει χαρτογράφηση **πίεσης υψηλής ανάλυσης**. Κάτι που σημαίνει ότι με τον πολύ μεγάλο αριθμό αισθητήρων του (+500) μπορούν να εντοπιστούν τα σημεία υπερβολικής πίεσης, κι έτσι να βελτιωθεί η εκπαίδευση και να προληφθεί ο τραυματισμός των αλόγων και των αναβατών.

Συμπεράσματα

Το πρωτότυπο έξυπνης ιππασίας αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα χρήσης αγώγιμων νημάτων για την ενσωμάτωση αισθητήρων και άλλων ηλεκτρονικών στοιχείων σε υφάσματα από κλωστοϋφαντουργικό υλικό. Από το συγκεκριμένο προϊόν γίνεται αντιληπτό, πως τα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά εξαρτήματα, διευρύνουν το φάσμα χρήσεων σε πολλούς τομείς.

Αποτελείται από ένα έξυπνο μαξιλαράκι, το οποίο βρίσκει εφαρμογή στην αγορά εξοπλισμού για επιδείξεις ιππασίας. Αυτό το προηγμένο πρωτότυπο ενσωματώνει εύκαμπτα ηλεκτρονικά

στοιχεία σε μορφή τυπωμένων αγώγιμων νημάτων και αισθητήρων πίεσης μέσα σε ένα μαξιλαράκι και τα διαφορετικά σημεία πίεσης που δημιουργούνται από τη θέση του αναβάτη στο άλογο, οπτικοποιούνται μέσω μιας προσαρμοσμένης εφαρμογής που αναπτύχθηκε στο στάδιο του πρωτοτύπου. Το προϊόν “smart-horse-riding” αποτελεί μια πρόταση υψηλής αξίας, όπως προαναφέρθηκε, τόσο για το άλογο όσο και για τον αναβάτη.



Αναφορές

1. Associació Agrupació d'Empreses Innovadores Tèxtils (AEI Tèxtils), September 6th 2022. Available online: <https://smarteetes.eu/smartetes2-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/>



Κεφάλαιο 9: Άνεση έξυπνων προϊόντων με αισθητήρες - αντικειμενική και υποκειμενική ανάλυση για έξυπνα υφάσματα

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

Περίληψη

Η άνεση είναι βασικό χαρακτηριστικό που απαιτείται να διαθέτουν τα έξυπνα υφάσματα για τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητάς τους από πρακτική πλευρά κατά τη χρήση. Η χρήση έξυπνων υφασμάτων έχει διευρυνθεί τα τελευταία χρόνια, λόγω της προόδου της λειτουργικότητας των ενσωματωμένων ηλεκτρονικών στοιχείων για μια ποικιλία εφαρμογών. Τα έξυπνα υφάσματα εξακολουθούν να αποτελούν πρόκληση αναφορικά με την άνεση κατά τη χρήση. Η άνεση αποτελεί βασική απαίτηση για προϊόντα με βάση το ύφασμα που έρχονται σε στενή επαφή με το δέρμα. Αυτό το κεφάλαιο παρέχει μια σύντομη επισκόπηση της υποκειμενικής και αντικειμενικής ανάλυσης που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της άνεσης των έξυπνων υφασμάτων που διαθέτουν αισθητήρες. Το βασικό κίνητρο είναι η αναγκαιότητα αξιολόγησης της αίσθησης που δημιουργείται στο χρήστη των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.

Εισαγωγή

Τα ενδύματα καλύπτουν μια από τις πιο θεμελιώδεις ανάγκες του ανθρώπου, καθώς προστατεύουν το σώμα από σκληρούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως τα καιρικά φαινόμενα. Αν και τα σημερινά ενδύματα λειτουργούν κατά βάση ως προστασία, έχει ενισχυθεί η λειτουργικότητά τους, καθώς πλέον χρησιμοποιούνται για παρακολούθηση της υγείας του φορώντα, υποστήριξη για αθλητικές δραστηριότητες, καθώς και ως κανάλι επικοινωνίας, λόγω των διαφορετικών απαιτήσεων της σύγχρονης καθημερινότητας (Sülar και Okur 2007) (Barker 2002). Τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αναπτύσσονται ταχύτατα και οι απαιτήσεις αυξάνονται, αλλά υπάρχει δυσανεμία των χρηστών λόγω του μεγάλου βάρους και της ακαμψίας που οφείλεται στα ηλεκτρονικά στοιχεία. Όταν εφαρμόζουν στο σώμα και υπόκεινται πιέσεις κατά την κίνηση, παρουσιάζουν έντονες γωνίες, κάτι που τα καθιστά άβολα. Τα έξυπνα υφάσματα έχουν την ικανότητα να αλλάζουν τη συνήθη συμπεριφορά τους, ως απόκριση σε περιβαλλοντικά σήματα, ή και τεχνικά ερεθίσματα (Tadesse et al. 2018). Η αλλαγή

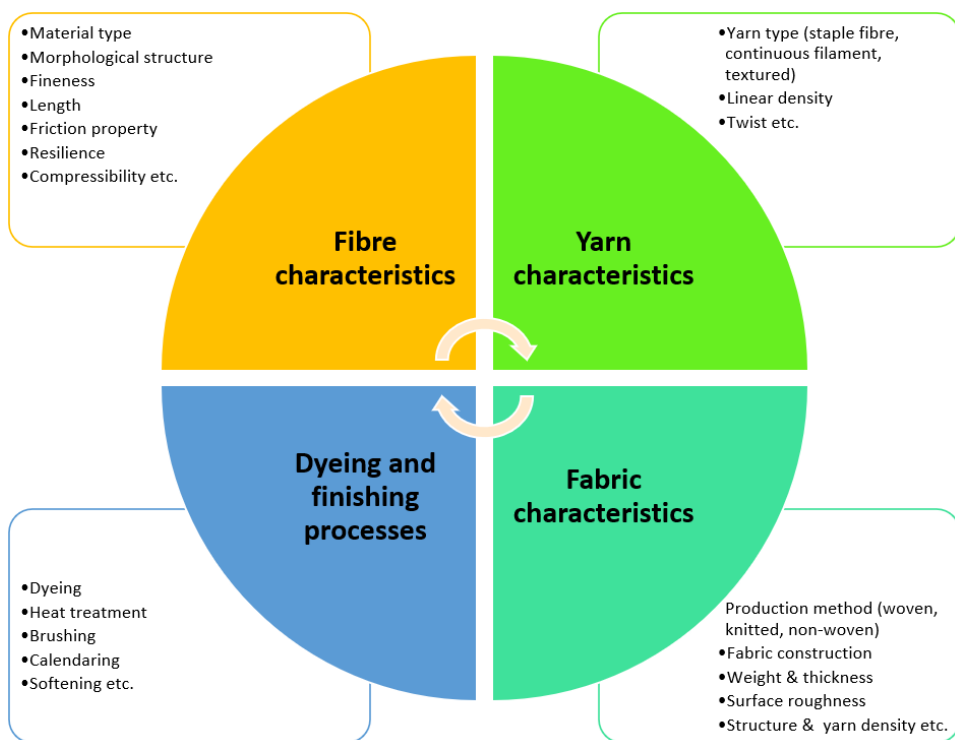


μπορεί να επηρεαστεί από μηχανικές, θερμικές, ηλεκτρικές, χημικές ή άλλες εξωτερικές πηγές. Παρόλο που έχουν βελτιωθεί πολύ σε σχέση με το ξεκίνημά τους, τα φορέσιμα ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης θεωρείται ότι ακόμα βρίσκονται σε αρχικό στάδιο. Μία από τις αιτίες που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα από πολλές απόψεις είναι η παρεχόμενη άνεση. Ωστόσο, σε αντίθεση με την έρευνα για την καινοτομία και την προώθηση της τεχνολογίας φορέσιμων προϊόντων με ηλεκτρονικά στοιχεία, το πεδίο έρευνας για την αξιολόγηση της άνεσης των έξυπνων υφασμάτων δεν εξελίσσεται τόσο γρήγορα. Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας στα έξυπνα υφάσματα επικεντρώνεται σε ορισμένα θέματα, όπως οι αισθητήρες, οι ενεργοποιητές και οι πλατφόρμες κοινής χρήσης ηλεκτρονικών αρχείων υγείας. Ο χρήστης ενδιαφέρεται περισσότερο για τα πλεονεκτήματα των έξυπνων υφασμάτων, παρά για την άνεση χρήσης (Ταο 2001).

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των υλικών που έρχονται σε επαφή με το δέρμα είναι η άνεση. Υπάρχουν τρεις τύποι άνεσης στα ενδύματα: αισθητηριακή, ψυχολογική και θερμοφυσιολογική. Ενώ η ψυχολογική άνεση έχει να κάνει με το να είσαι σε ειρήνη με τον εαυτό σου, η θερμοφυσιολογική άνεση αφορά τη θερμική ισορροπία του σώματος σε διάφορα επίπεδα άσκησης. Η ικανότητα ενός υφάσματος να χειρίζεται την αφή, την υγρασία, την πίεση και τις αισθήσεις θερμότητας είναι γνωστή ως αίσθηση άνεση [5] [6]. Εάν στη διαδικασία κατασκευής έξυπνων υφασμάτων δεν υπάρχουν χειρισμοί με σαφή και ξεκάθαρα όρια, τότε διακυβεύεται η παρεχόμενη άνεση του προϊόντος κατά τη χρήση. Οι επιπτώσεις στην άνεση του υφάσματος κατά τη χρήση δεν μπορούν να αγνοηθούν, καθώς η λειτουργικότητα μπορεί να προστεθεί μηχανικά (για παράδειγμα κατά την ύφανση), χημικά (για παράδειγμα κατά το τύπωμα του υφάσματος) ή και με τους δύο τρόπους [3] [7]. Η ενσωμάτωση διαφορετικών υλικών ή διαδικασιών μπορεί να επηρεάσει την ευεξία του χρήστη του προϊόντος. Η αισθητηριακή άνεση που μπορεί να βιώσει κάποιος όταν αγγίζει ένα ύφασμα, προκύπτει από την απαλότητα, ομαλότητα, ακαμψία, τραχύτητα, κολλώδες της επιφάνειας, και σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να δημιουργήσει ακόμα και τσιμπήματα. Ο κνησμός και το τσούξιμο που προκύπτουν από το άγγιγμα μιας επιφάνειας υποδηλώνουν πόνο και δυσφορία. Κατά τον ίδιο τρόπο, με την αφή μπορεί να γίνει αισθητή η θερμοκρασιακή αίσθηση, όπως η ζεστασιά, η δροσιά, το ψύχος. Στα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα έχει ιδιαίτερο νόημα η αντικειμενική και υποκειμενική ανάλυση της αισθητηριακής άνεσης.

Παράγοντες που επηρεάζουν την αισθητηριακή άνεση

Οι ιδιότητες των ινών επηρεάζουν τις ιδιότητες του νήματος και κατά συνέπεια τις ιδιότητες και την επιφάνεια του υφάσματος. Όσον αφορά την αισθητηριακή άνεση του τελικού υφάσματος, όλες αυτές οι ιδιότητες είναι αλληλένδετες. Η βαφή, το φινίρισμα και όλες οι άλλες παράμετροι επεξεργασίας επηρεάζουν επίσης την αισθητηριακή άνεση (Behery 2005) (Shanmugasundaram 2008) (Özcelik Kayseri et al. 2012). Στο Σχήμα 1. παρουσιάζονται τα βασικά συστατικά των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων που μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την αίσθηση του υφάσματος.



Εικόνα 9.1. Παράγοντες που επηρεάζουν την αίσθηση (αισθητηριακή άνεση) των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων.



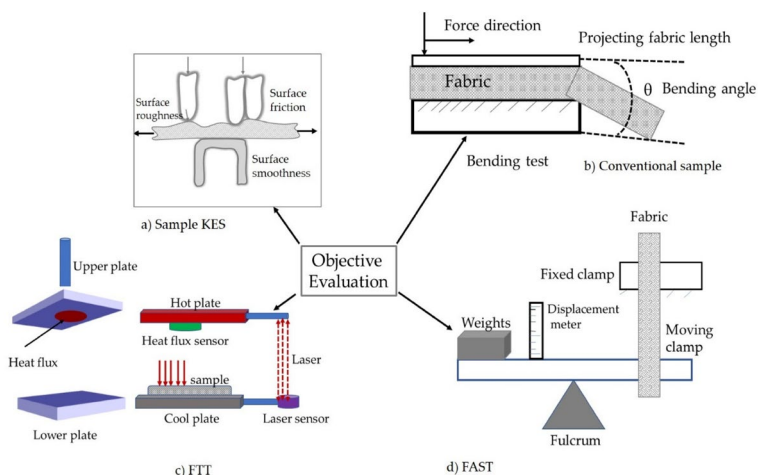
Αντικειμενική εκτίμηση της αίσθησης του υφάσματος (αισθητηριακή άνεση)

Οι αντικειμενικές διαδικασίες που διεξάγονται με τη χρήση εξοπλισμού ελέγχου, παρέχουν τη δυνατότητα συνέπειας και επαναληψιμότητας των αποτελεσμάτων, τα οποία είναι δύσκολο να επιτευχθούν όταν χρησιμοποιούνται υποκειμενικές μέθοδοι. Για την πρόβλεψη των χαρακτηριστικών άνεσης των λειτουργικών υφασμάτων εφαρμόζονται μετρήσεις της θερμικής αγωγιμότητας, της θερμικής αντίστασης, της θερμικής διάχυσης και της σχετικής διαπερατότητας υδρατμών. Μια προσέγγιση προσδιορισμού της άνεσης λειτουργικών υφασμάτων με εφαρμογή αντικειμενικών μεθόδων, ήταν η πρόγνωση της θερμικής άνεσης, η οποία προσδιοριζόταν μέσω της μέτρησης θερμικών ιδιοτήτων των υφασμάτων (Crina et al. 2013).

Το σύστημα αξιολόγησης της Kawabata (KES), το οποίο αναπτύχθηκε από τον Kawabata και τους συνεργάτες του (Kawabata 2005) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της αίσθησης άνεσης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων και ταυτόχρονα των μηχανικών ιδιοτήτων (χαμηλής καταπόνησης) όπως πάχος, βάρος, αντοχή στον εφελκυσμό, στο σχίσιμο, επαναφορά κατά την κάμψη, συμπίεση, επιφάνεια και ιδιότητες τριβής. Η απαλότητα είναι το πιο κρίσιμο στοιχείο κατά την αξιολόγηση της αφής της επιφάνειας. Έτσι, κατά την αξιολόγηση των έξυπνων υφασμάτων με αισθητήρες, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ομαλότητα της επιφάνειάς τους. Ο έλεγχος της ποιότητας υφασμάτων με απλή δοκιμή (FAST) [12] και με μέθοδο δοκιμής αφής υφασμάτων (FTT) (Hu et al. 2006) θεωρούνται επιτυχημένες για τον αποτελεσματικό προσδιορισμό της αφής των προϊόντων που έχουν ως βάση τους ύφασμα. Διαφορετικές μέθοδοι αντικειμενικής αξιολόγησης της άνεσης των υφασμάτων φαίνονται στο Σχήμα 2.

Σε μια μελέτη, διαπιστώθηκε ότι η διαδικασία του τυπώματος υφάσματος έχει σημαντικό αντίκτυπο στην άνεση του τελικού ενδύματος. Στο πλαίσιο της μελέτης, καταγράφηκε από μια εκπαιδευμένη ομάδα ειδικών ότι η αντίληψη των συμμετεχόντων για την άνεση των ενδυμάτων, επηρεαζόταν καθοριστικά από το σχέδιο και το χρώμα του υφάσματος, (Robinson et al. 1997). Σε άλλη μελέτη, διαπιστώθηκε ότι το φινίρισμα θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την αφή της επιφάνειας των κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. Χρησιμοποιώντας μεθοδολογίες KES, οι συγγραφείς ανέλυσαν τον τρόπο με τον οποίο το φινίρισμα επηρέασε τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του υφάσματος. Επίσης,

διαπιστώθηκε ότι η διαδικασία φινιρίσματος είχε σημαντικό αντίκτυπο στην ευκαμψία του υφάσματος. Αυτό αποδεικνύεται από την σύνδεση μεταξύ των μηχανικών ιδιοτήτων χαμηλής καταπόνησης και της ομαλότητας της επιφάνειας των υφασμάτων (Tadesse et al. 2018).



Εικόνα 9.2. Συστήματα αντικειμενικής αξιολόγησης της άνεσης του υφάσματος. (α) KES (Namligözü et al. 2008), (β) προσδιορισμός κάμψης και συσχετισμός με την άνεση (Deng et al. 2016), (γ) FTT (Musa A et al. 2018)) και (δ) FAS T (Tokmak et al. 2010).

Σε μια άλλη μελέτη (Yoo et al.) διερευνήθηκαν οι συνθήκες τελικής χρήσης και τα θερμοφυσιολογικά χαρακτηριστικά των προστατευτικών ενδυμάτων εργασίας που χρησιμοποιούνται σε υψηλές θερμοκρασίες και σε τι βαθμό επηρεάζουν την άνεση κατά τη χρήση. Τα ανθεκτικά στη θερμότητα υλικά, από τα οποία κατασκευάζονται ενδύματα εργασίας, περιέχουν στη δομή τους διαφορετικά είδη ινών και νημάτων, διαφορετικές δομές ύφανσης και υπόκεινται σε φινιρίσμα για την πρόσδοση των απαιτούμενων λειτουργικών ιδιοτήτων, αξιολογούνται επίσης αναφορικά με τις θερμοφυσιολογικές τους ιδιότητες, αλλά και αναφορικά με την παρεχόμενη άνεση. Πιο διακριτές συγκρίσεις μπορούν να γίνουν με ιδιότητες που αφορούν στην άνεση και προέρχονται από τον προσδιορισμό των μηχανικών, επιφανειακών και υγρών ιδιοτήτων, δηλαδή εκείνων που σχετίζονται με την διαχείριση της υγρασίας του υφάσματος. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων ιδιοτήτων σχετικά με την διαχείριση υγρασίας, την επιφάνειας επαφής και την



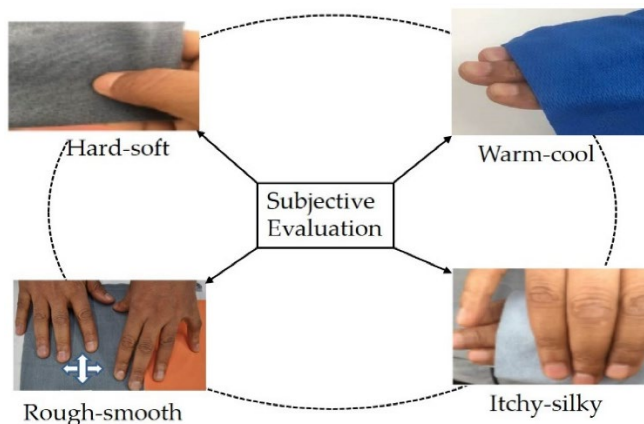
τραχύτητα επιφάνειας, αποδεικνύουν ότι τα μαλακότερα νήματα, οι λεπτότερες ίνες και οι δομές πλέξεις τύπου twill έχουν ως αποτέλεσμα την κατασκευή αισθητά πιο λείων υφασμάτων με ομαλή επιφάνεια (Yoo and Barker 2005). Σε επιστημονική δημοσίευση αναφέρεται, σύμφωνα με τους συγγραφείς, ότι η προσφερόμενη άνεση των προστατευτικών λειτουργικών ενδυμάτων, μπορεί να επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό από την ελαστικότητα του υφάσματος, η οποία έχει επίσης αντίκτυπο στις επιφανειακές ιδιότητες του υφάσματος (Nawaz et al. 2011).

Η απτική συσκευή PhilaU, που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της απόκρισης αφής/αίσθησης, η συσκευή ελέγχου ευκαμψίας υφάσματος Shirley και οι συσκευές προσδιορισμού πεσίματος (draping) υφάσματος, μετρητές πάχους και συσκευές προσδιορισμού αντίστασης στη συμπίεση και ένα ρομποτικό σύστημα χρησιμοποιούνται, επίσης, για την ανάλυση των ιδιοτήτων που σχετίζονται με την παρεχόμενη άνεση του προϊόντος. Έχουν αναπτυχθεί και πιστοποιηθεί αρκετά μοντέλα για τον προσδιορισμό της επιφάνειας του υφάσματος κατά την αφή, χρησιμοποιώντας αντικειμενικές προσεγγίσεις (Wang et al. 2012). Η μέθοδος “Handfeel Spectrum Descriptive Analysis (HSDA)” καθιστά δυνατή τη σύγκριση των χαρακτηριστικών που σχετίζονται με την επιφάνεια των υφασμάτων με πρακτικό τρόπο. Η προσέγγιση HSDA, η οποία χρησιμοποιείται στις στρατιωτικές στολές των ΗΠΑ, της Βρετανίας, του Καναδά και της Αυστραλίας, χρησιμοποιήθηκε σε μια έρευνα 13 υφασμάτων για την ανάλυση της αίσθησης της επιφάνειας κατά την αφή (Cardello 2008).

Υποκειμενική εκτίμηση της άνεσης υφασμάτων

Η αγορά φορητών ηλεκτρονικών κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων αναζητά πάντα νέες καινοτομίες, προκειμένου να βελτιώσει την ικανοποίηση των χρηστών από τη χρήση λειτουργικών υφασμάτων για ποιότητα ζωής. Αλλά η ευκολία της χρήσης ενδυμάτων έχει αντίκτυπο στο πόσο συχνά χρησιμοποιούνται λειτουργικά υφάσματα. Επομένως, η αξιολόγηση της άνεσης είναι ένα κρίσιμο πρώτο βήμα. Μια εναλλακτική της αντικειμενικής μέτρηση της άνεσης σε λειτουργικά υφάσματα είναι η υποκειμενική αξιολόγηση. Για τη μελέτη των υποκειμενικών συναισθημάτων των ανθρώπων που δημιουργεί η χρήση λειτουργικών υφασμάτων χρησιμοποιούνται διαμετρικά αντίθετες χαρακτηριστικές φράσεις (Tadesse et al. 2019) διατύπωσης της αίσθησης άνεσης.

Για την αξιολόγηση της άνεσης των λειτουργικών υφασμάτων, χρησιμοποιώντας «τυφλές» και οπτικές μεθοδολογίες, επινοήθηκαν συγκεκριμένες λέξεις, οι οποίες σχετίζονται με την επαφή του υφάσματος με το ανθρώπινο δέρμα και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η υποκειμενική αξιολόγηση μπορεί να είναι μια βιώσιμη εναλλακτική λύση. Στην εικόνα 9.3 παρουσιάζεται η υποκειμενική αξιολόγηση της αίσθησης άνεσης.



Εικόνα 9.3. Υποκειμενική αξιολόγηση της αίσθησης άνεσης

Λόγω της αίσθησης της αφής, η υποκειμενική ανάλυση συνδέει της αίσθηση της αφής ενός υφάσματος με ένα ψυχολογικό αποτέλεσμα (Bakar 2004). Όταν ένα άτομο περνά τα δάχτυλά του πάνω από μια επιφάνεια υφάσματος, εμφανίζεται μια διαδοχή αντιδράσεων των αισθητηρίων του, με αποτέλεσμα το άτομο να αισθάνεται και να σκέφτεται. Μια συγκεκριμένη παράμετρος κατά την αφή του υφάσματος αποδίδεται στην αίσθηση που γίνεται αντιληπτή από τον αξιολογητή. Η επιλογή αυτή μπορεί να επηρεαστεί από μεταβλητές όπως η προσωπικότητα, το περιβάλλον, η προκατάληψη (όπως τα επιθυμητά ή αναμενόμενα αποτελέσματα), τα συναισθήματα και τα κριτήρια κατάταξης ή κλίμακας (Aliouche και Viallter 2000). Ανεξάρτητοι χρήστες-αξιολογητές αξιολογούν υποκειμενικά την αίσθησης αφής των υφασμάτων σε διάφορους κλάδους της κλωστοϋφαντουργίας. Οι αποφάσεις εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται από το προσωπικό (Yick et al. 1995). Θεωρείται σημαντική η επιλογή των κατάλληλων εκφράσεων για την περιγραφή της αφής του υφάσματος ώστε να διασφαλιστεί η εγκυρότητα των υποκειμενικών αξιολογήσεων. Πολλοί

συγγραφείς έχουν εντοπίσει διάφορες ιδιότητες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περιγραφή της αίσθησης αφής του υφάσματος και οι οποίες απεικονίζονται στην Εικόνα 9.4 (Sülar και Okur 2007).



Εικόνα 9.4. Ιδιότητες που σχετίζονται με την αφή του υφάσματος

Η συσχέτιση μεταξύ αντικειμενικών μετρήσεων, προκειμένου να εξεταστεί η στατιστική αξιολόγηση απαιτείται η μετατροπή των υποκειμενικών αποτελεσμάτων αξιολόγησης και η απόδοσή τους σε αριθμητικές τιμές. Συνεπώς, συνιστάται η χρήση της κλίμακας και του χρόνου για την αξιολόγηση της αίσθησης του υφάσματος, όπως αναφέρεται στον Πίνακα 9.1.

Πίνακας 9.1. Κλίμακα αξιολόγησης επιφάνειας υφάσματος συναρτήσει του χρόνου (Sülar and Okur 2007)(Sülar and Okur 2008).

| Ιδιότητα (αίσθηση) | Κλίμακα | | | Χρόνος (s) |
|---------------------|------------|-----------------------|-----------|------------|
| Πάχος/λεπτότητα | 1 | 5 | 10 | 15 |
| | Λεπτό | Μέτριας λεπτότητας | παχύ | |
| Ευκαμψία/δυσκαμψία | 1 | 5 | 10 | 20 |
| | μαλακό | μέτριο | δύσκαμπτο | |
| Τραχύτητα/απαλότητα | 1 | 5 | 10 | 15 |
| | απαλότερο | μέτριο | τραχύ | |
| Συνολική αίσθηση | 1 | 3 | 5 | 15 |
| | Ακατάλληλο | μέτριο | Κατάλληλο | |

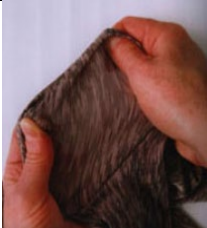


Για την υποκειμενική αξιολόγηση με την αφή απαιτούνται χρόνια εμπειρίας, και ακόμα και με δεδομένη πολυετή εμπειρία, ο αξιολογητής μπορεί επίσης να επηρεαστεί σαφώς από τις προσωπικές του προτιμήσεις. Ένα ύφασμα μπορεί να δίνει την αίσθηση ότι είναι λείο, ψυχρό, βαρύ, σκληρό, γούνινο ή δύσκαμπτο. Μπορεί επίσης να δίνει την αίσθηση ότι είναι ελαφρύ, απαλό, μαλακό ή εύκαμπτο. Επομένως, είναι απαραίτητο να αντικατασταθεί η υποκειμενική αξιολόγηση του υφάσματος, από έναν ειδικό, με μια αντικειμενική προσέγγιση που βασίζεται στα αποτελέσματα που εξάγονται από τις συσκευές ποιοτικού ελέγχου ιδιοτήτων των υφασμάτων, οι οποίες έχουν επαναληψιμότητα αποτελεσμάτων. Στον Πίνακα 9.2 απεικονίζονται οι αξιολογούμενες ιδιότητες με βάση τις τεχνικές αφής.

Πίνακας 9.2. Τεχνικές αξιολόγησης αφής του υφάσματος (Moody et al. 2001).

| Τεχνική | Εικόνα | Ιδιότητες που εκτιμώνται |
|--|---|--|
| Συμπεριφορά στο χτύπημα του υφάσματος |  | Ποιότητα επιφάνειας (υφή), θερμοκρασία |
| Δίπλωμα υφάσματος |  | Ακαμψία, βάρος, θερμοκρασία, άνεση, συνολική υφή, τσάκισμα (δίπλωμα) |
| Αφή με διαφορετικό συνδυασμό δακτύλων: Περιστροφή μεταξύ των δακτύλων χρησιμοποιώντας το ένα χέρι (αντίχειρας και 1 ή 2 δάχτυλα) |  | Υφή, ακαμψία, θερμοκρασία, δομή υφάσματος και στις δύο πλευρές του υφάσματος, τριβή, τέντωμα (ανάδραση με δύναμη) |



| | | |
|--|---|---------------------|
| Τέντωμα-περιστροφή υφάσματος με τα δύο χέρια |  | Τέντωμα, καθαρότητα |
|--|---|---------------------|

Συμπεράσματα

Οι ερευνητές επικεντρώνονται στην αξιολόγηση της άνεσης ώστε να αξιολογηθεί ακολούθως η απόδοση κατά τη χρήση. Η άνεση των προϊόντων μπορεί να αξιολογηθεί υποκειμενικά από ειδικούς επί του θέματος ή να αξιολογηθεί αντικειμενικά με την αξιολόγηση των μηχανικών χαρακτηριστικών με τη χρήση του σχετικού εξοπλισμού. Για την ενοποίηση των υποκειμενικών και αντικειμενικών δεδομένων χρησιμοποιούνται μαθηματικές και υπολογιστικές/ευφυείς στρατηγικές. Στο θέμα της επιστήμης της άνεσης, προβλέπεται τα ευφυή συστήματα να συνεχίσουν να χρησιμοποιούνται για την ενοποίηση της ανθρώπινης γνώσης και των εργαστηριακών μετρήσεων. Ορισμένοι εξελιγμένοι αλγόριθμοι θα μπορούσαν τελικά να αντικαταστήσουν τις συμβατικές τεχνικές μοντελοποίησης άνεσης για κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Οι μελλοντικές μελέτες είναι πιθανό να επικεντρωθούν στη χρήση διαφόρων ευφυών μεθόδων και λογισμικού στον τομέα της έξυπνης μοντελοποίησης της άνεσης των υφασμάτων.

Αναφορές

1. Sölar 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/ma1122466>
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. Sölar 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>



Κεφάλαιο 10 - Δεοντολογία και απαιτήσεις για έξυπνους αισθητήρες και ενεργοποιητές, ενσωματωμένους σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

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

Περίληψη

Η ηθική που σχετίζεται με τα έξυπνα υφάσματα έχει πολλά θέματα να αντιμετωπίσει. Για την ηθική και τη δεοντολογία είναι κατανοητό ότι ο τρόπος με τον οποίο οι νέες και έξυπνες εφαρμογές που παρέχουν τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα είναι ένα ευαίσθητο θέμα. Και το θέμα είναι ευαίσθητο, γιατί οι περισσότερες από αυτές τις εφαρμογές διαχειρίζονται όχι μόνο προσωπικά και ιδιωτικά δεδομένα του ατόμου που χρησιμοποιεί το προϊόν, αλλά και τα ζωτικά (φυσιολογικά) του δεδομένα, ειδικά όταν αναφερόμαστε σε έξυπνο προστατευτικό εξοπλισμό.

Επιπλέον, όχι μόνο η διαχείριση δεδομένων αποτελεί ένα βασικό παράγοντα που πρέπει να ληφθεί υπόψη για την εξασφάλιση της ασφαλούς χρήσης των έξυπνων υφασμάτων, αλλά και ζητήματα ασφαλείας που σχετίζονται άμεσα με την υγεία ή/και πιθανές βλάβες, που θα μπορούσε να προκαλέσει ένα φορέσιμο έξυπνο προϊόν στο χρήστη.

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να εξηγήσει πως, τόσο τα δεδομένα, όσο και η φυσική φροντίδα είναι κρίσιμοι παράγοντες που πρέπει να προσέχουμε όταν χρησιμοποιούμε έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα, προκειμένου να διασφαλίσουμε την ασφάλεια σε όλες τις διαστάσεις, όχι μόνο όταν χρησιμοποιείται το προϊόν αλλά και μετέπειτα. Ειδικότερα, η εργασία θα επικεντρωθεί στον κανονισμό για την προστασία δεδομένων σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση και σε ορισμένες θεωρητικές και πρακτικές περιπτώσεις σχετικά με τη φυσική ασφάλεια και την ηθική.

Κανονισμός της ΕΕ για την προστασία δεδομένων – GDPR

Η νομοθεσία για τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Δεδομένων (GDPR) που εγκρίθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) είναι ο κύριος και υψηλότερος κανόνας για την προστασία και τη διαχείριση δεδομένων που πρέπει να ακολουθούν όλα



τα μέλη της ΕΕ. Δεν πρόκειται για ένα επιφανειακό ζήτημα, καθώς ο Χάρτης των Θεμελιωδών Δικαιωμάτων της ΕΕ ορίζει ότι όλοι οι πολίτες της ΕΕ έχουν το δικαίωμα να διατηρούν προστατευμένα τα προσωπικά τους δεδομένα.

Αυτή η οδηγίαⁱ εγκρίθηκε το 2016 και όχι μόνο επιχειρεί να προστατεύσει τα αναφερόμενα δεδομένα, αλλά και να θεσπίσει τα ίδια πρότυπα προστασίας δεδομένων για όλα τα μέλη της ΕΕ και τους πολίτες τους.

Σε αυτό το πεδίο, τα δεδομένα αποκτούν ιδιαίτερη σημασία όταν πρόκειται για φυσιολογικά δεδομένα και δεδομένα υγείας - πρόκειται για αυτά που εξετάζονται στην παρούσα εργασία, καθώς είναι στενά συνδεδεμένα με τα έξυπνα υφάσματα και τα ηλεκτρονικά φορέσιμα προϊόντα (wearables).

Για τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (ΗΠΑ), οι κανονισμοί απορρήτου περνούν από το HIPAA Health Insurance Portability and Accountability Act (νόμο που αποσκοπεί στην διαμόρφωση προτύπων ιδιωτικότητας αναφορικά με την προστασία των ιατρικών αρχείων και πληροφοριών των ασθενών, τα οποία παρέχονται στους γιατρούς, τα νοσοκομεία και άλλους παρόχους υπηρεσιών υγείας). Και στις δύο περιπτώσεις, στην ΕΕ και στις ΗΠΑ, αυτοί οι κανόνες στοχεύουν στην πρόληψη των σκανδάλων από κατάχρηση δεδομένων, στον μετριασμό των επιπτώσεων των διαρροών δεδομένων και στην έγκριση νομικών κανονισμών περί απορρήτου με ένα κοινό πλαίσιο. Ωστόσο, μέχρι σήμερα δεν έχει συμφωνηθεί ποτέ ένας παγκόσμιος κανονισμός για τα συγκεκριμένα θέματαⁱⁱ.

Η ανωτέρω αναφερόμενη νομοθεσία εφαρμόζεται στον τομέα των έξυπνων υφασμάτων σε ότι αφορά τη σχέση του χρήστη με τα ηλεκτρονικά τμήματα του προϊόντος. Εφαρμόζεται από την αποδοχή της πολιτικής απορρήτου σε έναν ιστότοπο έως τον τομέα των έξυπνων υφασμάτων.

Δεδομένα ασφαλείας

Στην τελευταία αυτή περίπτωση και, δεδομένου ότι ορισμένα δεδομένα θεωρούνται πολύ ευαίσθητα, πρέπει να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν κάποιοι προληπτικοί μηχανισμοί. Οι μηχανισμοί αυτοί θα ελαχιστοποιούσαν τις κυβερνο-επιθέσεις ή άλλου είδους απειλές από εξωτερικούς παράγοντες, ή και όχι. Η



αξιοπιστία αυτών των μηχανισμών αποτελεί βασικό παράγοντα για την διατήρηση προστατευμένων των ευαίσθητων αυτών δεδομένων.

Για παράδειγμα, η παρακολούθηση των μετρήσεων - και το εάν οι τιμές τους είναι φυσιολογικές ή μη- μπορεί να διευκολύνει τον εντοπισμό της ποιότητας της υπηρεσίας, επομένως σε περίπτωση κυβερνο-επίθεσης, απειλούνται και τα σχετικά δεδομένα.

Στη συνέχεια, ο παράγοντας ελέγχου ταυτότητας για πρόσβαση στα δεδομένα (μέσω μιας συσκευής ή ενός έξυπνου φορητού εξοπλισμού) θεωρείται καθοριστικό στοιχείο ασφαλείας τα τελευταία χρόνια. Ο έλεγχος ταυτότητας ξεκινά από κλασικά στοιχεία, όπως η χρήση ενός κωδικού πρόσβασης, με επίσης κλασικές απαιτήσεις, όπως η αποφυγή εύκολων κωδικών, έως την ενσωμάτωση νέων στοιχείων ελέγχου για ταυτοποίηση, όπως τα στοιχεία κατοχής (κάρτες) και τη βιομετρική πρόσβαση. Ο συνδυασμός όλων αυτών των στοιχείων ελέγχου δίνει τη δυνατότητα στο σύστημα να εντοπίζει με σιβαρότητα στο αρχικό στάδιο αν η πρόσβαση στα δεδομένα είναι από τον αυθεντικό χρήστη, αν υπάρχει υποκλοπή, διακοπή...

Υπό αυτή την έννοια, η ιχνηλασιμότητα είναι ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Αυτό αφορά στη δυνατότητα ανίχνευσης του αποτυπώματος του κακόβουλου χρήστη μόλις πραγματοποιηθεί η επίθεση και, με τον τρόπο που είναι δυνατό, τον προσδιορισμό της ταυτότητά του, των στόχων του και, γενικά, όσο περισσότερες χρήσιμες πληροφορίες, οι οποίες θα βοηθήσουν στην αποκατάσταση της ζημιάς σε περίπτωση που διεξαχθεί έρευνα στη συνέχεια.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί ότι η ευπάθεια δεδομένων μπορεί να εμφανιστεί σε αρκετές στιγμές κατά τη διαχείριση. Από τη δημιουργία του, σε πραγματικό χρόνο, μέχρι τη μεταφορά του ή όταν αποθηκεύεται. Για το λόγο αυτό, τα αναφερόμενα προληπτικά στοιχεία και δράσεις θα πρέπει να σχεδιαστούν και να προετοιμαστούν για την αποφυγή απειλών σε οποιοδήποτε από αυτά τα στάδια.

Πίνακας 10.1. Σύνοψη και ταξινόμηση λύσεων ασφαλείας σε έξυπνα συστήματα υγείας^{iv}



| 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 |

Τεχνολογίες και ασφάλεια αγώγιμων υφασμάτων

Μια σημαντική κατηγορία στον τομέα της ασφάλειας και των έξυπνων υφασμάτων είναι η ασφάλεια ενός υφάσματος με αγώγιμες ιδιότητες.

Οι αισθητήρες δεν μπορούν να επηρεάσουν το δέρμα με καμία έννοια, και το ίδιο για την ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια. Από την άποψη της λειτουργικότητας και της αντίληψης του χρήστη, οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές θα πρέπει να είναι αξιόπιστοι, διαφορετικά οι χρήστες δεν θα μπορούν να βασίζονται σε συναγερμούς και ειδοποιήσεις που παρέχονται από την εφαρμογή (APP) ή άλλες συσκευές.

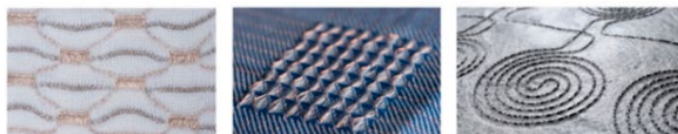
Για να παραχθεί ένα ύφασμα με αγώγιμες ιδιότητες, υπάρχουν δύο κύριες βασικές μέθοδοι:



Μέθοδος εφελκυσμού σύρματος (Wire drawing): Σύμφωνα με τους A. Angelucci, (et al.), η μέθοδος αυτή συνίσταται σε μια μηχανική διαδικασία, με την οποία μετατρέπεται η πρώτη ύλη σε μικρονήματα [...] με εφαρμογή δυνάμεων σε ειδικές βιομηχανικές μηχανές. Μετά το στάδιο του εφελκυσμού, το μικρόνημα ανόπτεται σε υψηλή θερμοκρασία 600-900 °C για να επανακτήσει τις μηχανικές και ηλεκτρικές του ιδιότητες. Στη συνέχεια, το σύρμα ψύχεται και τυλίγεται σε έναν περιστρεφόμενο κύλινδρο. Τα μέταλλα που χρησιμοποιούνται περισσότερο γι αυτή τη διαδικασία είναι ο χαλκός, ο άργυρος, ο μπρούντζος, ο χάλυβας και ο επαργυρωμένος χαλκόςⁱⁱⁱ.

Επίστρωση ινών: Η επίστρωση ινών αποτελείται από την εφαρμογή μετάλλων ή αγωγίμων πολυμερών στην επιφάνεια ενός μη-μεταλλικού υποστρώματος για να γίνει αγωγίμο [...]. Το υπόστρωμα μπορεί να είναι ίνα, νήμα ή ύφασμα. Στην παρούσα εργασία, η ίνα θεωρείται ως μια αγωγίμη μονάδα για λόγους σαφήνειας. Οι διαφορετικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή αγωγίμων ινών είναι η εκτόξευση, ο χημικός πολυμερισμός, η ηλεκτροαπόθεση και η επίστρωση εμβάπτισης iii.

Το σημαντικό σε αυτή την τεχνολογία, είναι ότι και οι δύο μέθοδοι καταλήγουν να δημιουργούν ασφαλή ηλεκτρονικά υφάσματα με την έννοια ότι οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται δοκιμάζονται πρώτα. Με αυτόν τον τρόπο, είναι βέβαιο ότι το ηλεκτρονικό τμήμα είναι ασφαλές και ότι το προϊόν είναι έτοιμο να χρησιμοποιηθεί.



Knitting, Weaving,
Embroidery

Conductive Textiles

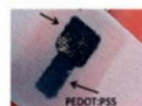
Coating Methods



Chemical Polymerization
Electrodeposition
Dip Coating
Sputtering

Printing Methods

Screen Printing
Flexographic Printing
Inkjet Printing





Εικόνα 1. Οι πιο κοινές τεχνικές κατασκευής αγώγιμων υφασμάτων: πλεκτική, ύφανση, σε κεντητική μηχανή, μέθοδοι επίστρωσης, εκτύπωση

Πρακτικές περιπτώσεις

Ένα παράδειγμα πρωτοτύπου που αναπτύχθηκε πρόσφατα και σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις οδηγίες GDPR είναι το έργο της “SmartWorkwear”. Κατασκευάστηκε από την CP Aluart και ενσωματώνει αρκετούς αισθητήρες, για την παρακολούθηση των φυσικών σταθερών του ατόμου που φορά το προϊόν. Σε αυτήν την περίπτωση, οι ελεγμένοι και εγκεκριμένοι αισθητήρες ενσωματώνονται σε ένα λειτουργικό πουκάμισο.

Το πουκάμισο αυτό, συγκεκριμένα, συλλέγει δεδομένα σχετικά με τη θερμοκρασία, την υγρασία, τον καρδιακό ρυθμό και άλλα δεδομένα σχετικά με την υγεία του χρήστη, τα οποία θεωρούνται ευαίσθητα και μπορούν να αποτρέψουν τον εργαζόμενο από έναν κίνδυνο που σχετίζεται με το περιβάλλον του, όπως στην περίπτωση του συγκεκριμένου προϊόντος, για παράδειγμα από λιποθυμία.



Εικόνα 2. SMART-WORKWEAR^Υ



Συμπεράσματα

Τις τελευταίες δεκαετίες, η αναπαραγωγή και χρήση προσωπικών δεδομένων έχει αυξηθεί με την εφαρμογή της εικονικότητας και του διαδικτύου στην καθημερινότητα, όλο και περισσότερο. Οι πληροφορίες που σχετίζονται με την υγεία, θεωρούνται ιδιαίτερα ευαίσθητες και μπορούν να υποκλαπούν από κακόβουλους χρήστες για παράνομη χρήση. Επομένως, η ασφάλεια θεωρείται κρίσιμος παράγοντας για τη χρήση των σχετικών προϊόντων.

Μέχρι τώρα, η ανάγκη αυτή αντιμετωπιζόταν από την Ε.Ε. και τις Η.Π.Α. με τη δημιουργία ενός γενικού νομικού πλαισίου για κάθε γεωγραφική περιοχή. Ωστόσο, τα πλαίσια αυτά σπάνια έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους και στον υπόλοιπο πλανήτη δεν έχουν εφαρμοστεί αντίστοιχοι κανόνες.

Επιπλέον, πρέπει να ληφθούν υπόψη η ασφάλεια του χρήστη. Από την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, όπου θα απαιτούνται συνεχείς βελτιώσεις για την αντιμετώπιση της εξέλιξης και προσαρμογής των εικονικών νημάτων, στα φυσικά, που πρέπει να εγγυώνται ότι οι ηλεκτρονικές συσκευές που προστίθενται σε κάθε φορητό είναι ασφαλείς για τον χρήστη.

Αναφορές

[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] ¹ 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> 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/>



Κεφάλαιο 11 – Ενίσχυση καινοτομίας έξυπνων αισθητήρων, ενεργοποιητών και φορέσιμων προϊόντων με συν-σχεδίαση και συν-ανάπτυξη

David Gómez, AEI Tèxtils, Corporate Development, carer Sant Pau nº6, Terrassa, Βαρκελώνη.

Περίληψη

Στο πλαίσιο ενίσχυσης της καινοτομίας θεωρείται καθοριστικής σημασίας η δημιουργία συνδέσμων εταιρειών τύπου κλάστερ (cluster). Με αυτό τον τρόπο οι εταιρείες, αφού ομαδοποιήσουν τα δεδομένα τους, μπορούν να ανακαλύψουν και να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητές τους, τη στρατηγική τους κατεύθυνση και να βελτιώσουν τις αδυναμίες τους. Σήμερα, αυτοί οι στόχοι συνάδουν άμεσα με τον μετασχηματισμό και τον εκσυγχρονισμό του κλάδου της κλωστοϋφαντουργίας για τη μετάβαση της εικόνας του από τον XX αιώνα στον XXI αιώνα. Συγκεκριμένα, αυτή η βελτίωση αφορά δύο βασικούς πυλώνες καινοτομίας (μεταξύ άλλων) τη βιωσιμότητα και την ψηφιοποίηση.

Τα cluster προσεγγίζουν, επίσης, αυτούς τους στόχους λειτουργώντας ως ένα βέλτιστο οικοσύστημα για την αλληλεπίδραση μεταξύ των εταιρειών, διευκολύνοντας έτσι τη συνεργασία, την ανταλλαγή εμπειριών και την αμοιβαία εμπιστοσύνη.

Μερικά παραδείγματα τέτοιων δραστηριοτήτων (διευκόλυνσης) είναι η εταιρική συνεργασία ή η απλή συμμετοχή -η κάθε εταιρεία μεμονωμένα- σε διάφορα προγράμματα για την ανάπτυξη νέων προϊόντων ή τη βελτίωση προϊόντων και υπηρεσιών των εταιρειών/εργοστασίων.

Επίσης, ορισμένα προγράμματα χρηματοδότησης απευθύνονται σε εταιρείες για να βρουν έναν τρόπο εισαγωγής μιας έξυπνης εφαρμογής σε ένα υφιστάμενο προϊόν ή για το σχεδιασμό ενός νέου προϊόντος που προέρχεται από συνδυασμό ιδεών διαφορετικών εταιρειών.



Σε πολλές περιπτώσεις, το αποτέλεσμα των πρωτοβουλιών που καθοδηγούνται από cluster καταλήγουν να στην εισαγωγή νέων προϊόντων και εφαρμογών στην αγορά, τα οποία περιλαμβάνουν αισθητήρες, ενεργοποιητές και πολλές άλλες μορφές καινοτομίας.

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται επεξήγηση της ιδιαίτερης εμπειρίας του Συνδέσμου εταιρειών Προηγμένων Υλικών Κλωστοϋφαντουργίας της Καταλονίας (“Cluster of Advance Textile Materials” (AEI Tèxtils)), και των πρωτοβουλιών καινοτομίας των εμπλεκόμενων εταιρειών, ως παράδειγμα για να γίνει κατανοητό πώς ένα Cluster ενισχύει την καινοτομία και πώς αυτό και οι εταιρείες του λειτουργούν ως ένα ευέλικτο οικοσύστημα για συν-σχεδίαση και την συν-ανάπτυξη της καινοτομίας στον κλάδο.

Εισαγωγή^{iv}

Η AEI Tèxtils, (Cluster - Σύνδεσμος εταιρειών Προηγμένων Υλικών Κλωστοϋφαντουργίας της Καταλονίας) τα τελευταία χρόνια συμβουλεύει ορισμένες από τις εταιρείες-μέλη της, να αναπτύξουν έργα που θα ανταποκρίνονται σε πολλές προσκλήσεις «προσανατολισμένες στην υποβοήθηση, τον πειραματισμό και την υποστήριξη ανάπτυξης φορέσιμων ηλεκτρονικών προϊόντων να ψηφιοποιήσουν πλήρως εταιρείες τους».

Το cluster υποστηρίζει σε μόνιμη βάση τις εμπλεκόμενες εταιρείες, όσον αφορά την προκαταρκτική παροχή συμβουλών και την αξιολόγηση των καινοτόμων έργων πριν υποβληθούν επίσημα προς αξιολόγηση.

Συγκεκριμένα, έχει δραστηριοποιηθεί σε δύο ειδών προγράμματα χρηματοδότησης που ενισχύουν την καινοτομία μεταξύ των εταιρειών και υποστηρίζουν οικονομικά την ανάπτυξη προϊόντων, όπως ενεργοποιητές, αισθητήρες και wearables γενικά: το πρόγραμμα SMARTEES και το έργο GALACTICA.

Είναι αξιοσημείωτο ότι το ποσοστό επιτυχίας μιας τέτοιας δραστηριότητας είναι πολύ σημαντικό, καθώς στην πρόσκληση υποβολής προτάσεων του προγράμματος “las SMARTEES” εγκρίθηκε η επιχορήγηση σε τρία μέλη του cluster για την υλοποίηση των έργων τους.



Πρόγραμμα SMARTEES [ii]

Το “SMARTEES” είναι ένα έργο, στα πλαίσια του οποίου δημοσιεύονται προσκλήσεις υποβολής προτάσεων με σκοπό να «βοηθήσει τις καινοτόμες εταιρείες να ψηφιοποιήσουν τις επιχειρήσεις τους, μέσω της υποβοήθησης κατασκευής, (*FWE: flexible and wearable electronics testing*) ελέγχου και πειραματικής ανάπτυξης εύκαμπτων φορέσιμων προϊόντων». Χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα “Horizon 2020” της Ευρωπαϊκής Ένωσης και έχει επιτρέψει την ανάπτυξη πολλαπλών καινοτόμων έργων στον τομέα της κλωστοϋφαντουργίας.

Επικεντρώνεται στις «Τεχνολογίες Εύκαμπτων Φορέσιμων Ηλεκτρονικών Προϊόντων» και «είναι ένας από τους Κόμβους Ψηφιακής Καινοτομίας (*Digital Innovation Hubs (DIHs)*) που είναι οικοσυστήματα που αποτελούνται από μικρομεσαίες επιχειρήσεις, μεγάλες βιομηχανίες, νεοφυείς επιχειρήσεις, ερευνητές, επιταχυντές και επενδυτές».

Μεταξύ των στόχων του προγράμματος είναι: α) να βοηθήσει τις εταιρείες της ΕΕ στην ψηφιοποίηση των επιχειρήσεων τους, β) να υποστηρίξει τις εταιρείες της ΕΕ σε δοκιμές και πειραματισμούς πρωτοτύπων, προτού αποφασίσουν να επενδύσουν και να λανσάρουν ένα νέο προϊόν και γ) να δημιουργήσουν ένα Κέντρο Ψηφιακής Καινοτομίας, το οποίο να λειτουργεί ως δίκτυο προώθησης της ψηφιοποίησης για την ΕΕ.

Η τελευταία έκδοση αυτού του προγράμματος κάλυψε την περίοδο 2020-2022 και, όπως αναφέρθηκε, ορισμένα μέλη του cluster ήταν δικαιούχοι, καθώς τα έργα τους αξιολογήθηκαν ως άκρως ανταγωνιστικά και καινοτόμα. Επίσης, σε προηγούμενες εκδόσεις είχαν χρηματοδοτηθεί και έργα της Καταλανικής βιομηχανίας.

Η Agre είναι η εταιρεία που ανέπτυξε το πρώτο παράδειγμα συν-σχεδίασης φορέσιμου προϊόντος που πρόκειται να παράγει το cluster. Εν όψει των συνθηκών της πανδημίας COVID-19 και των εμφανών προκλήσεων σχετικά με τη διαδικασία πλυσίματος επαναχρησιμοποιούμενων масκών (πλύσιμο απαραίτητα σε υψηλές θερμοκρασίες και με κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων νερού), η Agre ανέπτυξε μια «έξυπνη μάσκα» (Smart-Facemask).



Αποτελείται από μια μάσκα που είναι επεξεργασμένη με ένα νήμα, το οποίο μέσω εσωτερικών ηλεκτρικών διασυνδέσεων στη δομή του, επιτρέπει την αυτοθέρμανσή του και την εξάλειψη πιθανής παρουσίας ιού.

Arpe® With the support of: **SmartEes**

SMART-FACEMASK PROTOTYPE BY ARPE

ARPE IS SPECIALIST IN DESIGNING, PRODUCING AND PRINTING MICROFIBER TOWELS AND OTHER SUSTAINABLE PROMOTIONAL TEXTILES

PROBLEM TO BE SOLVED

Current washing requirements for textile masks require standalone washing cycles at 60°C (aggressive temperature for the fabrics and polluting of large amounts of water).

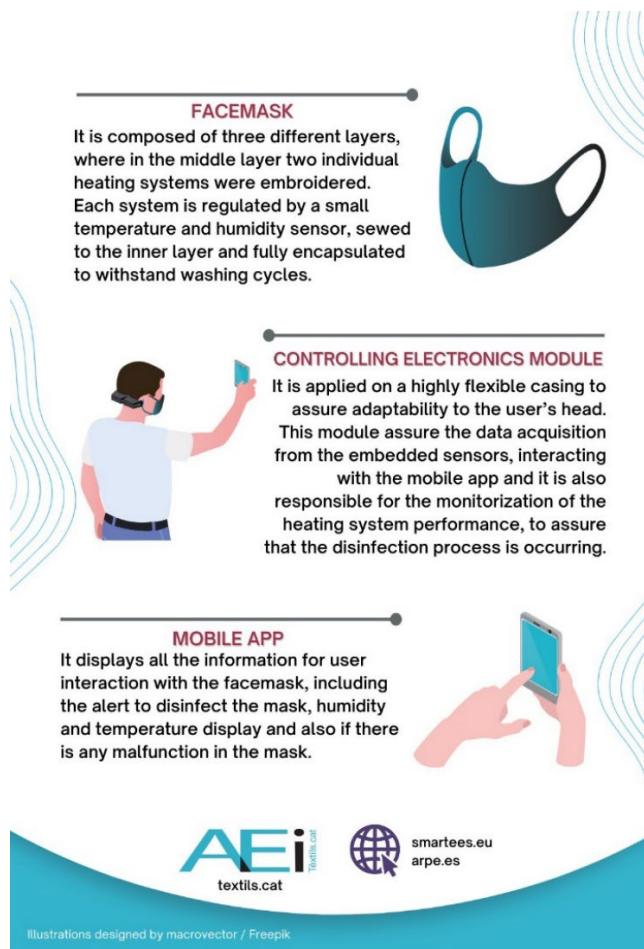
The development of a textile with an integrated disinfection system, reducing the washing requirements of the mask, without compromising user safety.

OUTCOME

SMART-MASK consists in a smart hygienic face mask, with a resistive yarn pattern on the inner layer and customized electric interconnections for powering it up.

It uses heat to denature and deactivate viruses within short timeframes by self-heating the facemasks for 3 minutes. The prototype is composed by 3 parts:

Εικόνα 11.1. Επεξήγηση της ιδέας της έξυπνης μάσκας (Smart-Facemask) από την Infographic



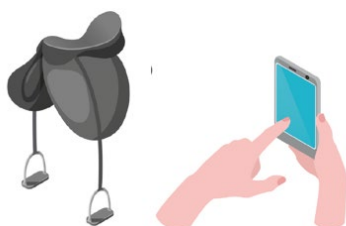
Εικόνα 11.2. Επεξήγηση της ιδέας της έξυπνης μάσκας (Smart-Facemask) από την Infographic

Η εταιρεία Polisilk^v, στο πρόγραμμα που υλοποίησε πρότεινε τη δημιουργία ενός πρωτοτύπου με τίτλο «Έξυπνη υπασσία» (*Smart-horse-riding^{vi}*). Αυτή η ιδέα αποτελείται από ένα έξυπνο μαξιλαράκι, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πειθαρχία του αλόγου κατά τις επιδείξεις υπασσίας. «Αυτό το προϊόν αποτελείται από ένα μαξιλαράκι, στο οποίο υπάρχουν εύκαμπτα ηλεκτρονικά στοιχεία σε τυπωμένα αγώγιμα νήματα και αισθητήρες πίεσης (το προϊόν τοποθετείται σε κουβέρτα κάτω από τη σέλα του αλόγου). Τα διάφορα σημεία πίεσης που δημιουργούνται από τον αναβάτη στο άλογο, οπτικοποιούνται μέσω



μιας προσαρμοσμένης εφαρμογής που αναπτύχθηκε στο στάδιο του πρωτοτύπου».

Αυτές οι βελτιώσεις που προστέθηκαν σε ένα κλασικό προϊόν, υποστηρίζουν μια νέα έκδοση με πολλά πλεονεκτήματα που σχετίζονται με την εργονομία, αποτρέποντας πιθανούς τραυματισμούς τόσο στον αναβάτη, όσο και στην ράχη του αλόγου κατά την εκπαίδευση. Επίσης, με την παρακολούθηση ορισμένων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, επιτρέπεται η βελτίωση της απόδοσης του αναβάτη. Τέλος, το γεγονός ότι το προϊόν μπορεί να πλυθεί σε συμβατικό πλυντήριο το καθιστά μεταξύ άλλων ευέλικτο και εύχρηστο.



Εικόνα 11.3. Σχεδίαση της ιδέας του προϊόντος *Smart-horse-riding*



Εικόνα 11.4. Ρεαλιστική χρήση του προϊόντος *Smart-horse-riding*



Τέλος, η εταιρεία “C.P. Aluart^{vii}” ανέπτυξε μια άλλη ιδέα που στοχεύει στις συνθήκες εργασίας. Μέσω πολλαπλών εύκαμπτων αισθητήρων, ενσωματωμένων σε μια στολή εργασίας, η εταιρεία ανέπτυξε ένα πρωτότυπο έξυπνο ένδυμα, το οποίο βρίσκεται σε επαφή με το δέρμα και μετρά σε πραγματικό χρόνο τις φυσιολογικές συνθήκες του περιβάλλοντος των χρηστών.

Με αυτόν τον τρόπο, είναι δυνατό να μετρηθούν, ανά πάσα στιγμή, οι συνθήκες στις οποίες εκτίθεται ο εργαζόμενος σε εξωτερικούς χώρους (θερμοκρασία, υγρασία, κ.λ.π.) και να προσδιοριστούν οι πιθανοί κίνδυνοι που είναι πιθανό να υποστεί, όπως κόπωση ή θερμοπληξία.

Το όνομα του προϊόντος αυτού είναι SMART- WORKWEAR^{viii}..



Εικόνα 11.5. SMART-WORKWEAR

Έργο Galactica

Το έργο Galactica Project είναι μια άλλη πρωτοβουλία που χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στοχεύει στην



υποστήριξη μικρομεσαίων επιχειρήσεων, μέσω μηχανισμών οικονομικής στήριξης -εκτός άλλων- στην καινοτομία. Ιδιαίτερα, εκείνα τα έργα που εφαρμόζουν διατομεακή δυναμική στους τομείς της κλωστοϋφαντουργίας, της αεροδιαστημικής και κατασκευής προηγμένων προϊόντων.

Σύμφωνα με το Cluster AEI Tèxtils, «Το GALACTICA είναι ένα βασικό στρατηγικό έργο για την προώθηση της τεχνολογικής καινοτομίας και των νέων επιχειρηματικών μοντέλων, ως μοχλού ανάπτυξης και ανταγωνιστικότητας των μικρομεσαίων επιχειρήσεων του κλάδου. Χρησιμεύει στην προώθηση της συνεργασίας μεταξύ των εταίρων και με άλλα καινοτόμα συστήματα, όπως η αεροδιαστημική και η κατασκευή προηγμένων προϊόντων. Η ισχυρή διατομεακή προσέγγισή του, επιτρέπει τη δημιουργία επιχειρηματικών ευκαιριών και διατομεακής καινοτομίας, προωθώντας την εγκάρσια συνεργασία για την ανάπτυξη νέων εφαρμογών και αγορών»^{ix}..

Μέσω αυτής της πρωτοβουλίας, η οποία ενισχύθηκε από την υποστήριξη του cluster, πέντε εταιρείες-μέλη κατάφεραν να λάβουν επιχορήγηση για χρηματοδότηση των καινοτόμων ιδεών και των πρωτοτύπων τους. Πρόκειται για τις ακόλουθες εταιρείες: Cinpasa , E.Cima , Texfire , Maccion , Fello και Triturats la Canya^x.

Μεταξύ άλλων, οι αναφερόμενες εταιρείες ανέπτυξαν ένα ενεργό σύστημα ψύξης κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων για την πρόληψη της θερμικής καταπόνησης εργαζομένων^{xi} σε εξωτερικούς χώρους, με μια ανατρεπτική και φιλική προς το περιβάλλον ταινία πομπού δεδομένων στην περίπτωση της αεροναυπηγικής βιομηχανίας^{xii} ή μια έξυπνη υφασμάτινη ταινία με ενσωματωμένες οπτικές ίνες, με μεγαλύτερη ακρίβεια και ευελιξία για εφαρμογές στην παρακολούθηση της δομικής υγείας σύνθετων αεροναυτικών κατασκευών^{xiii}.

Συμπεράσματα

Η ενίσχυση της καινοτομίας και η ανάπτυξη της ικανότητας συν-σχεδίασης και συν-ανάπτυξης δεν είναι εύκολη.

Οι εταιρείες φυσικά και μπορούν μεμονωμένα να αναλάβουν έργα, αλλά η μελέτη, ο σχεδιασμός, οι δοκιμές, η ανάπτυξη πρωτοτύπων και το λανσάρισμα ενός νέου



προϊόντος, δεν είναι μόνο μια πολύ χρονοβόρα εργασία, αλλά απαιτεί και μεγάλα χρηματικά ποσά.

Οι εταιρείες της κλωστοϋφαντουργίας είναι εις θέση να ηγηθούν μιας τέτοιας επαναστατικής δραστηριότητας, βάσει των προτύπων καινοτομίας, αλλά χρειάζεται να δημιουργηθεί το κατάλληλο περιβάλλον για την επίτευξη ενός τέτοιου φιλόδοξου στόχου.

Για το λόγο αυτό, η συνεργασία και η παροχή συμβουλών είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες και η ύπαρξη φορέων χρηματοδότησης είναι καθοριστικής σημασίας, καθώς ένας μικρός όμιλος εταιρειών θα μπορούσε να αντέξει οικονομικά το κόστος των ερευνών για την ανάπτυξη νέων και καινοτόμων προϊόντων.

Μέσω της χρηματοδότησης και του καλού ρόλου που διαδραματίζουν τα clusters, η τόνωση της καινοτομίας είναι σίγουρα ευρύτερη και βαθύτερη σε σύγκριση με το να μην υπήρχαν ή να μη λειτουργούσαν σωστά.

Αναφορές

- [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/>



Κεφάλαιο 12: Δημιουργικές μέθοδοι για συν-σχεδίαση (co-design) έξυπνου κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος

Farima Daniela, Iovan Dragomir Alina, Bodoga Alexandra

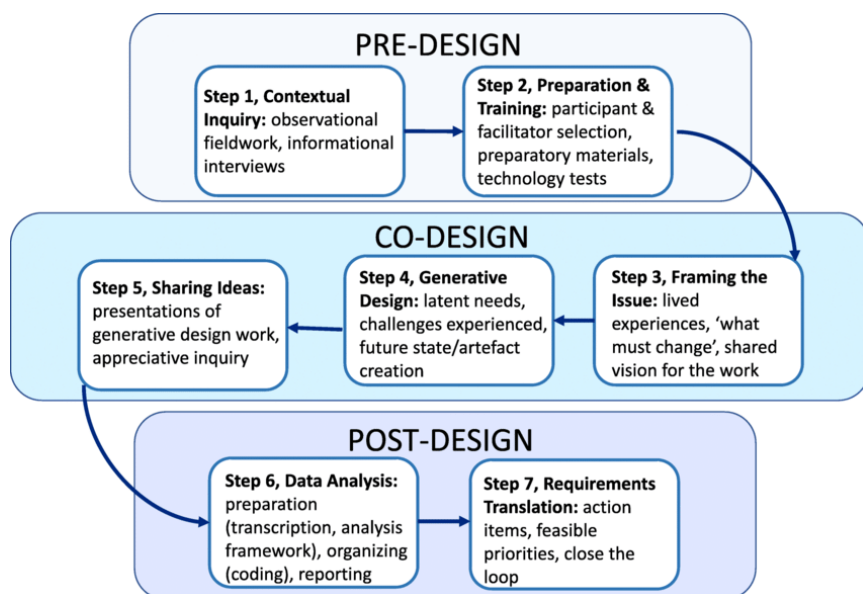
“Gheorghe Asachi” Τεχνικό Πανεπιστήμιο, Ρουμανία

Εισαγωγή

Ο όρος συν-σχεδίαση (co-design) αφορά σε μια διαδικασία καθοδηγούμενη από τη σχεδίαση με χρήση δημιουργικών και συμμετοχικών μεθόδων. Δεν υπάρχει ενιαία προσέγγιση, αλλά υπάρχουν πρότυπα και αρχές που μπορούν να εφαρμοστούν με διαφορετικούς τρόπους και από διαφορετικούς ανθρώπους.

Τα επιμέρους αλληλο-εξαρτώμενα στοιχεία της συν-σχεδίασης είναι: παραγωγή, παράδοση, σχεδίαση, αξιολόγηση, προγραμματισμός (εικόνα 1.5). Το Co-design αναφέρεται στη συλλογική δημιουργικότητα των συνεργαζόμενων σχεδιαστών.

Η θέση της συν-σχεδίασης στη γενική διαδικασία σχεδίασης παρουσιάζεται στο σχήμα 1.1 [5].



Εικόνα 12.1 Η θέση της συν-σχεδίασης στη διαδικασία σχεδίασης

Από το σχήμα 1.1 μπορεί να παρατηρηθεί ότι υπάρχουν τρία επίπεδα στη διαδικασία σχεδίασης:

1. **προ-σχεδίαση** που περιλαμβάνει δύο βήματα: έρευνα με βάση τα συμφραζόμενα και προετοιμασία για εκπαίδευση.
2. **συν-σχεδίαση** που περιλαμβάνει τρία βήματα: ανταλλαγή ιδεών, αρχική σχεδίαση και πλαισίωση του θέματος.
3. **μετα-σχεδίαση** που περιλαμβάνει δύο βήματα: ανάλυση δεδομένων και μετάφραση απαιτήσεων.

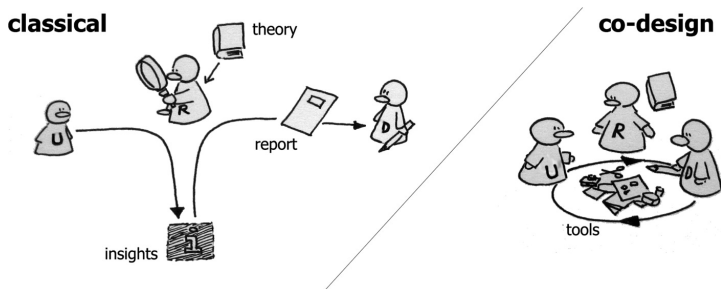
Η συν-σχεδίαση είναι σαν ένα παζλ που σχηματίζεται από δύο κομμάτια: χρήστες και σχεδιαστές (εικόνα 1.2). Όταν τα δύο κομμάτια ταιριάζουν τέλεια, το αποτέλεσμα είναι **συν-σχεδίαση**.



Εικόνα 12.2 Συνεργασία μεταξύ χρηστών και σχεδιαστών

Η διαφορά της συν-σχεδίασης και άλλων προσεγγίσεων σχεδίασης

Η διαφορά της συν-σχεδίασης και της κλασικής σχεδίασης αναπαρίσταται στην εικόνα 1.3 [4].



Εικόνα 12.3 Διαφορά συν-σχεδίασης και κλασικής σχεδίασης

Η διαδικασία σχεδίασης:
- σχεδίαση σε ανθρώπους

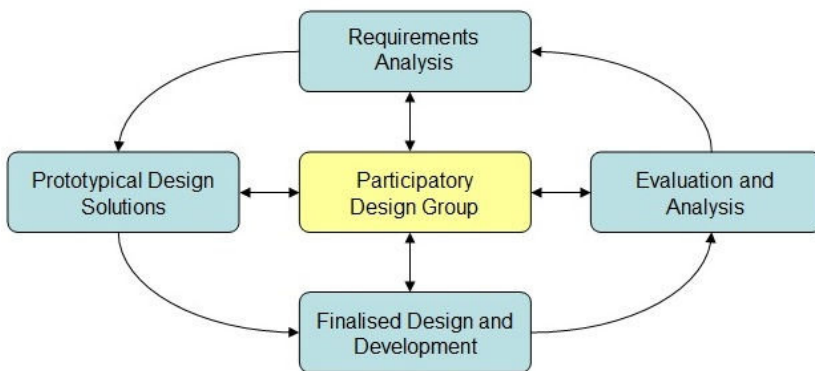
- σχεδίαση για ανθρώπους.
- σχεδίαση με ανθρώπους.
- σχεδίαση με επικεφαλείς ανθρώπους.

Ενώ στην κλασική σχεδίαση, ο ερευνητής έχει το ρόλο του μεταφραστή μεταξύ των «χρηστών» και του σχεδιαστή, στη συν-σχεδίαση, ο ερευνητής (ο οποίος μπορεί να είναι και σχεδιαστής) έχει έναν ρόλο διευκόλυνσης της διαδικασίας.

Δημιουργικές μέθοδοι συν-σχεδίασης

Οι μέθοδοι δημιουργίας για συν-σχεδίαση παρουσιάζονται στην εικόνα 1.4 [3].

1. Μία από τις δημιουργικές μεθόδους συν-σχεδίασης είναι η **συμμετοχική σχεδιασμός**, στην οποία οι εργαζόμενοι, οι πελάτες, οι τελικοί χρήστες, οι συνεργάτες, οι σχεδιαστές και οι ερευνητές συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία σχεδίασης (εικόνα 1.4) [3].



Εικόνα 12.4 Ταξινόμηση δημιουργικών μεθόδων συν-σχεδίασης

2. Μέθοδοι σχεδίασης με χρήστες: συνίσταται στη συνεργασία με τους χρήστες μέσω:

- της συμβολής τους στην ανάπτυξη της γνώσης.

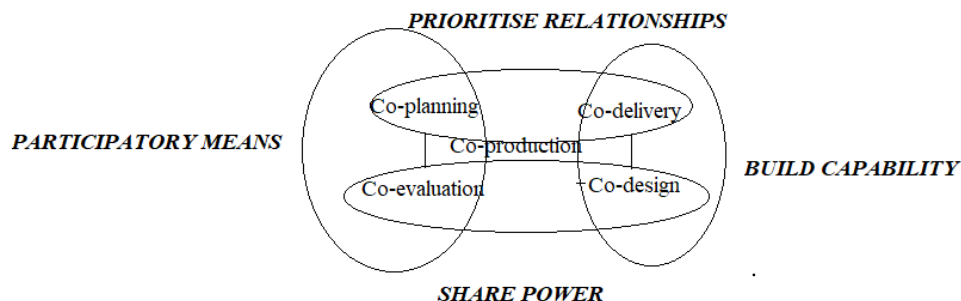


- δημιουργία ιδεών.
- ανάπτυξη ιδέας για προϊόντα. [1].

3. Η μέθοδος έρευνας αυτο-στοχασμού συνίσταται στον προβληματισμό των ανθρώπων σχετικά με τις δραστηριότητές τους (οι δραστηριότητες αυτές μπορεί να θεωρούνται δεδομένες στην καθημερινή ζωή) και στον προβληματισμό για τις εμπειρίες που συνήθως αντιλαμβάνονται ως ρουτίνα. Για την εφαρμογή αυτής της μεθόδου απαιτούνται: μελέτες ημερολογίου και έντυπου τύπου, βιβλία εργασίας και καθημερινές ασκήσεις.

Η επιτόπια μέθοδος διεξαγωγής εργαστηρίων συν-σχεδιασμού, προϋποθέτει την παρουσία ενός συμμετέχοντα ή μιας ομάδας συμμετεχόντων (χρήστες, σχεδιαστές και ερευνητές). Στην περίπτωση ομάδας συμμετεχόντων, είναι σημαντικό οι συνεδρίες να διευθύνονται από έναν ερευνητή, ο οποίος θα καθοδηγεί τα μέλη της ομάδας σχετικά με τον καλύτερο τρόπο συμμετοχής και αλληλεπίδρασης με τους συμμετέχοντες χρήστες (τύποι ερωτήσεων, είδος γλώσσας που χρησιμοποιείται, κ.λπ.) [1].

Οι αρχές συν-σχεδίασης παρουσιάζονται ενδεικτικά στην εικόνα 1.5.



Εικόνα 12.5 Αρχές συν-σχεδίασης

Κλωστοϋφαντουργικά υλικά για «έξυπνη» ένδυση

Όταν για την κατασκευή έξυπνων ενδυμάτων εφαρμόζονται δημιουργικές μέθοδοι συν-σχεδίασης, πρέπει να γνωρίζουμε τα επιμέρους κλωστοϋφαντουργικά υλικά (εικόνα 1.6) που συνθέτουν τη δομή τους.

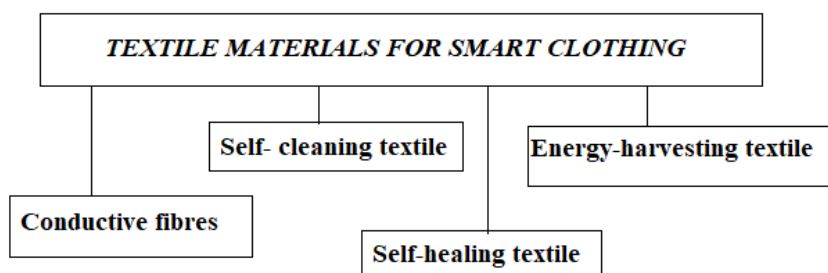


Figure 12.6 Κλωστοϋφαντουργικά υλικά για «έξυπνη» ένδυση

Ο μηχανισμός των αγώγιμων ινών (Cu, Ag, Ms, Al, Ms/Ag) μπορεί να είναι: αντιστατικός, EMI, υπέρυθρης απορρόφησης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή υφασμάτων, πουκαμίσων, παντελονιών, κ.λπ.

Τα αυτοκαθαριζόμενα υφάσματα (τρισιδιάστατη δομή χαλκού, νανοδομή ασημιού), μέσω του μηχανισμού της δομής τους (νανοδομές, μέταλλα με διέγερση ατόμου από το φως) χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πουκάμισων, μπουφάν κ.λπ.

Τα αυτο-θεραπευόμενα υφάσματα (μαγνητικό μελάνι, σκόνη άνθρακα) χρησιμοποιούνται για πουκάμισα, παντελόνια, μπουφάν κ.λπ., λόγω του μηχανισμού τους (απελευθέρωση θεραπευτικής ουσίας μέσω διάσπασης της κάψουλας).

Τα κλωστοϋφαντουργικά συγκομιδής ενέργειας (μπαταρία AgO-Zn, υπόστρωμα πολυμερούς) χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μπουφάν, πουκάμισων κ.λπ. μέσω μπαταρίας, η οποία κατασκευάζεται με μεταξοτυπία.

Οι λειτουργίες των έξυπνων υφασμάτων παρουσιάζονται στο σχήμα 1.7 [2].



Εικόνα 12.7 Λειτουργίες έξυπνων υφασμάτων/ενδυμάτων

Τα έξυπνα υφάσματα, μέσω των λειτουργιών τους, παρέχουν προστιθέμενη αξία σε κλωστοϋφαντουργικά υλικά που προϋποθέτουν νέες τεχνολογίες, στις νέες ίνες και τα νέα κλωστοϋφαντουργικά υλικά.



Συμπεράσματα

Επί του παρόντος, λόγω της ανάπτυξης της τεχνολογίας και των απαιτήσεων των καταναλωτών, η ανάγκη για έξυπνα υλικά και έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αυξάνεται ολοένα και περισσότερο. Έτσι, τα υφάσματα της επόμενης γενιάς είναι τα έξυπνα υφάσματα. Η παραγωγή έξυπνων ενδυμάτων υποστηρίζεται από την ανάπτυξη των τεχνολογιών κλωστοϋφαντουργίας, από τα νέα υλικά, τη νανοτεχνολογία και τα ηλεκτρονικά. Αλλά η κύρια απαίτηση από τα έξυπνα ενδύματα παραμένει η άνεση κατά τη χρήση.

Αναφορές

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

DOI: 10.5772/intechopen.92439

3. https://www.researchgate.net/publication/281901079_Evaluating_the_Role_of_Prior_Experience_in_Inclusive_Design/

4. <https://www.google.com/search?q=The+difference+of+codesign+and+classical+design&tbm>

5. <https://www.google.com/search?q=design%2C+pre-design+and++co-design+&tbm>

6. <https://www.google.com/search?q=smart%20textile%20product.images&tbm=isch&tbs=rimg:>



Κεφάλαιο 13: Συν-σχεδίαση έξυπνων αισθητήρων και ενσωμάτωση σε προϊόντα ΜΑΠ για στρατιωτικές εφαρμογές

*Farima Daniela, Iovan Dragomir Alina, Bodoga Alexandra
“Gheorghe Asachi” Technical University, Ρουμανία*

Εισαγωγή

Ένας στρατιώτης θεωρείται ως ένας αθλητής υψηλών επιδόσεων, όπου η παρακολούθηση των φυσικών και φυσιολογικών λειτουργιών του είναι πρωταρχικής σημασίας. Κατάλληλα για την ανάγκη αυτή είναι τα έξυπνα ενδύματα και τα σχετικά εξειδικευμένα φορητά συστήματα. Ο ορθός προσδιορισμός όλων των βημάτων που περιλαμβάνονται στη ροή εργασιών συν-σχεδίασης, μπορεί να αποτρέψει τη μείωση της απόδοσης του χρήστη, διασφαλίζοντας έναν πιο επιτυχημένο σχεδιασμό. [1].

Οι βασικές απαιτήσεις που καλείται να καλύψει ένα έξυπνο ένδυμα είναι η λειτουργικότητα, χρηστικότητα, ικανοποιητική διάρκεια παρακολούθησης, φορεσιμότητα, εύκολη συντήρηση και συνδεσιμότητα [2], ωστόσο η άνεση είναι ένας εξίσου βασικός παράγοντας (επίσης μεταξύ των προηγούμενων χαρακτηριστικών) που πρέπει να ληφθεί υπόψη. Η παροχή άνεσης στο χρήστη είναι μια ιδιότητα η οποία έχει μεγάλο αντίκτυπο στις τεχνολογίες σχεδίασης φορέσιμων προϊόντων για παρακολούθηση. Η χρήση ενός άβολου ενδύματος θέτει σε κίνδυνο την ικανότητα του στρατιώτη να διεκπεραιώσει την εργασία του [3].

Τα έξυπνα ενδύματα/αξεσουάρ (wearables) έχουν στενή και άμεση επαφή με το ανθρώπινο σώμα. Αυτή η σχέση θεωρείται φυσική, φυσιολογική και λειτουργική. Για το λόγο αυτό, η σχεδίαση των «έξυπνων» ενδυμάτων περιλαμβάνει δύο διαφορετικούς ευρείας κλίμακας τομείς: έναν για τα θέματα σχεδιασμού και ένα για τα τεχνολογικά θέματα (Εικόνα 13.1) [1].



The role of Tech

- Electronics for sensing
- ICT for communication
- algorithms

Technological Issues

- SENSING AND PROCESSING
- DATA TRANSMISSION
- POWER SUPPLY

DESIGNING SMART CLOTHES

Design Issues

- ANTHROPOMETRY
- WEARABILITY
- ELASTICITY AND ADHERENCE

The role of Design

- UCD methods
- Anthropometry
- Digital fabrication
- User testing
- Functional design

Εικόνα 13.1 Σχεδίαση έξυπνων ενδυμάτων

Η διαδικασία σχεδιαστικής σκέψης ξεκινά από το στάδιο της κατανόησης με την ανάλυση του αναμενόμενου χρήστη και τον προσδιορισμό των αναγκών του [1] (Εικόνα 13.2) [4].



Εικόνα 13.2 Η διαδικασία σχεδιαστικής σκέψης

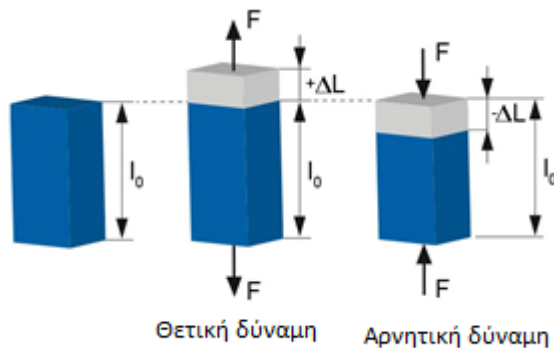
Αισθητήρες καταπόνησης

Η παραμόρφωση είναι η σχετική αλλαγή στο μήκος ενός στοιχείου ή μιας δομής υπό τάση. Αυτό μπορεί να προκληθεί από επέκταση (επιμήκυνση) ή συστολή (συμπίεση) της δομής. Η καταπόνηση μπορεί να προκύψει από δυνάμεις ή ροπές (μηχανική καταπόνηση) που εφαρμόζονται σε μια δομή, καθώς και από θερμική διαστολή σε περίπτωση μεταβολών της θερμοκρασίας. Η έμμεση μέτρηση της δύναμης μέσω αισθητήρων καταπόνησης καθορίζει τη μηχανική καταπόνηση.[5]

Η πίεση μπορεί να είναι:

-θετική

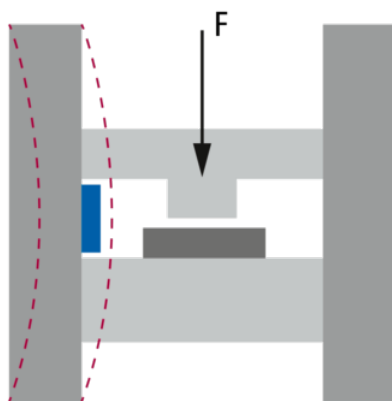
-αρνητική (εικόνα 13.3) [5].



Εικόνα 13.3 Είδη καταπόνησης

Η μέτρηση της δύναμης με αισθητήρες παραμόρφωσης

Με τη μέτρηση της επιφανειακής πίεσης, οι αισθητήρες καταπόνησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση της αποτελεσματικής δύναμης με σχετικά εύκολο τρόπο. Η έμμεση μέτρηση της δύναμης μέσω αισθητήρων καταπόνησης αποτελεί μια οικονομική λύση για τον προσδιορισμό μεγάλων μέτρων δύναμης με τη χρήση αισθητήρων ακόμα και μικρής τάσης. (εικόνα 13.4) [5]



Εικόνα 13.4 Έμμεση μέτρηση πίεσης/δύναμης με αισθητήρες καταπόνησης

Τα είδη αισθητήρων παραμόρφωσης παρουσιάζονται στις εικόνες 1.5, 1.6, 1.7, 1.8 [4].



Εικόνα 13.5 Αισθητήρας καταπόνησης σε μινιατούρα



Εικόνα 13.6 Απόδοση αισθητήρα καταπόνησης



Εικόνα 13.7 Τυπικός αισθητήρας καταπόνησης



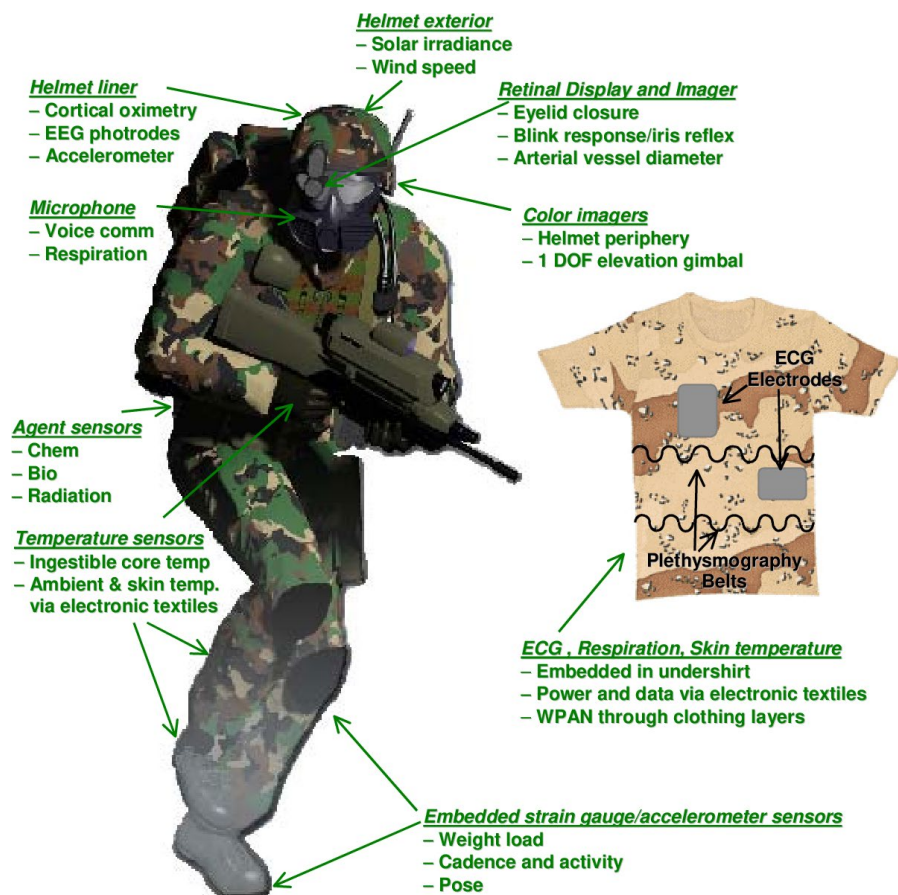
Εικόνα 13.8 Ανθεκτικός αισθητήρας για χρήση σε δύσκολες συνθήκες εξωτερικού περιβάλλοντος

Αυτός ο τύπος αισθητήρα καταπόνησης έχει πιθανή εφαρμογή σε μικρούς χώρους, συναντάται σε βιομηχανικό περιβάλλον με ακραίες συνθήκες και συνδέεται με τον ίδιο τρόπο που συνδέεται και ο παθητικός αισθητήρας (εικόνα 13.5).

Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του αισθητήρα καταπόνησης (εικόνα 13.6) [5] είναι:

- Βελτιστοποιημένη απόδοση για μικρό και μεγάλο εύρος μέτρησης.
- ενσωματωμένοι ηλεκτρονικοί ενισχυτές για συγκεκριμένες εφαρμογές
- Εφαρμογή σε εσωτερικούς χώρους βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

Στο ΜΑΠ στρατιωτικών εφαρμογών υπάρχουν πολλοί και πολύπλοκοι διαφορετικοί τύποι αισθητήρων (εικόνα και σχήμα 13.9) [6,7]



Εικόνα 13.9 ΜΑΠ για εφαρμογή σε στρατιωτικές εφαρμογές

Η συν-σχεδίαση έξυπνων αισθητήρων και η ενσωμάτωσή τους σε στρατιωτικά προϊόντα ΜΑΠ προϋποθέτει γνώση των απαιτήσεων του τομέα χρήσης στρατιωτικών ΜΑΠ και την άνεση που πρέπει να νιώθουν οι χρήστες.



Αναφορές

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 DOI:10.21236/ada428022, Corpus ID.107559740

Κεφάλαιο 14: Συν-σχεδίαση υλικών αισθητήρων με βάση ενεργοποιητές

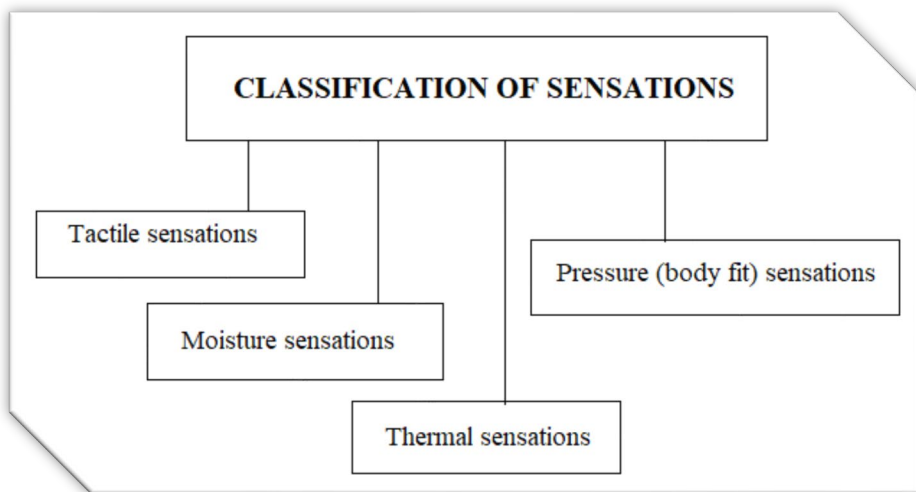
*Farima Daniela, Iovan Dragomir Alina, Bodoga Alexandra
“Gheorghe Asachi” Technical University, Ρουμανία*

Εισαγωγή

Για τα υλικά κατασκευής αισθητήρων χρησιμοποιούνται νέες ιδέες και διαδικασίες που βελτιώνουν την απόδοση, τη δομή και την αντοχή.

Για την αναγνώριση των υλικών είναι απαραίτητη και η αξιολόγηση της λειτουργίας των αισθητήρων, εκτός από τις τεχνικές προδιαγραφές τους (αντοχή, χαρακτηριστικά απόδοσης, ευελιξία, ελαστικότητα, άνεση) [1] .

Η ταξινόμηση των αισθήσεων παρουσιάζεται στην εικόνα 14.1.



Εικόνα 14.1 Ταξινόμηση των αισθήσεων



Παράγοντες που επηρεάζουν την άνεση του υφάσματος

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την αίσθηση άνεσης του υφάσματος είναι:

- Χαρακτηριστικά ινών.
- Χαρακτηριστικά νήματος.
- Χαρακτηριστικά υφάσματος.
- Μέθοδος και είδος διεργασιών βαφής και φινιρίσματος που έχουν εφαρμοστεί.

Το πρώτο κριτήριο για την απόκτηση υφασμάτων με διαφορετικά χαρακτηριστικά άνεσης είναι το **είδος της ίνας**.

Ο κύριος ρόλος στην εκτίμηση της αίσθησης άνεσης του υφάσματος είναι η τριβή μεταξύ των ινών, η οποία επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο οι ίνες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Η τελική αίσθηση των υφασμάτων για τον χρήστη μπορεί να βελτιωθεί με χημικές επεξεργασίες χρησιμοποιώντας χημικές ουσίες που ονομάζονται «μαλακτικά». Αυτές οι κατεργασίες μειώνουν την τριβή μεταξύ των ινών, γεγονός που κάνει το ύφασμα ως δομή να κινείται και να «ρέει» πιο εύκολα [1].

Ο **τύπος του νήματος** (απλό, συνεχές νήμα, με ανάγλυφη υφή, είδος στρίψεων, γραμμική πυκνότητα) είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την αίσθηση των υφασμάτων.

Η ευκαμψία, ακαμψία και η ιδιότητα αντίστασης του υφάσματος στο σχίσιμο, επηρεάζονται από τη συστροφή των νημάτων, από τα οποία είναι κατασκευασμένο το ύφασμα [2].

Ο **τρόπος κατασκευής του υφάσματος** (υφαντό, πλεκτό, μη-υφάνσιμο), η δομή του υφάσματος, το βάρος, το πάχος, η τραχύτητα της επιφάνειας και η πυκνότητα του νήματος είναι παράγοντες που επηρεάζουν την αίσθηση του υφάσματος για τον χρήστη.

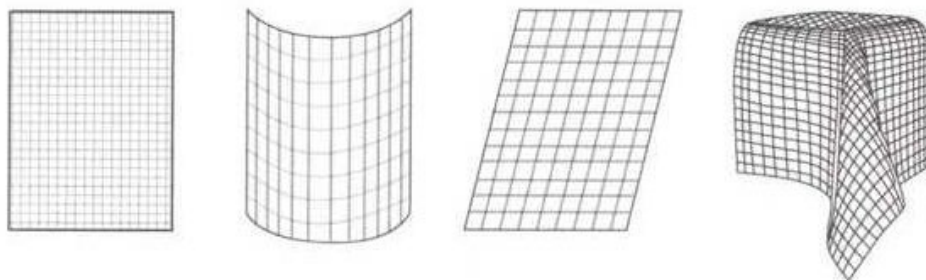
Στα μη-υφάνσιμα υλικά, η σύνθεση των ινών είναι εκείνη που επηρεάζει την αίσθηση του υφάσματος, επειδή η δομή τους δεν βασίζεται σε νήματα ή μεμονωμένες ίνες, που συνδέονται μεταξύ τους με διαφορετικά μέσα που αλλάζουν την υφή.

Μέθοδος και είδος διεργασιών βαφής και φινιρίσματος (θερμική επεξεργασία, βούρτσισμα).

Όλες οι επεξεργασίες που υπόκεινται τα υφάσματα για να γίνουν πιο μαλακά και να ελεγχθεί ο βαθμός ευκαμψίας τους, έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση των τιμών του στατικού και δυναμικού συντελεστή τριβής τους, συγκρινόμενα με το μη-επεξεργασμένο ύφασμα.

Βασικές ιδιότητες υφασμάτων που επηρεάζουν την παρεχόμενη άνεση κατά τη χρήση

Οι κύριες μηχανικές και επιφανειακές ιδιότητες των υφασμάτων που επηρεάζουν την άνεση τους κατά την χρήση, είναι η αντίστασή τους στον εφελκυσμό, την κάμψη, το σχίσσιμο, καθώς και το πάχος τους (Εικόνα 14.2).



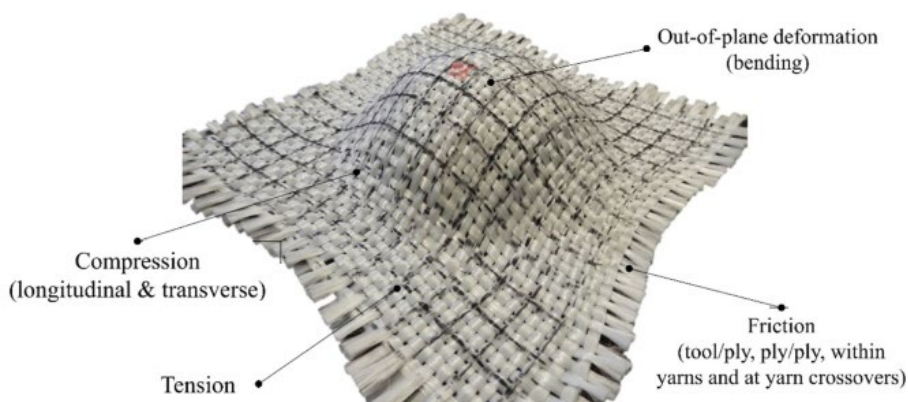
Εικόνα 14.2 Είδη παραμόρφωσης υφασμάτων (Hu, 2004)

Ιδιότητα εφελκυστικής αντοχής υφαντών υφασμάτων

Η πιο σημαντική ιδιότητα των υφασμάτων είναι η συμπεριφορά τους στον εφελκυσμό, καθώς οποιαδήποτε πιθανή ελαφρά παραμόρφωση του υφάσματος θα οδηγήσει σε μια αλυσίδα σύνθετων κινήσεων μεταξύ των ινών και νημάτων της δομής του (Hu, 2004) [1].

Κατά την εφαρμογή εφελκυσμού στο ύφασμα, υπάρχουν τρία στάδια:

1. Οι εσωτερικές τριβές μεταξύ των ινών-νημάτων.
2. Η ευθυγράμμιση των νημάτων στην κατεύθυνση εφαρμογής του φορτίου.
3. Η καμπύλη επιμήκυνσης φορτίου που οφείλεται στην επέκταση των νημάτων (εικόνα 14.3) [4].



Εικόνα 14.3 Ιδιότητες υφαντών υφασμάτων

Η συμπεριφορά ενός υφάσματος στην κάμψη και οι σχετικές ιδιότητες (ακαμψία και καμπύλη κάμψης) καθορίζονται από τα νήματα και την επεξεργασία φινιρίσματος του υφάσματος (Schwartz, 2008).

Ως ακαμψία ορίζεται η αντίσταση του υφάσματος στην κάμψη, λόγω του ειδικού βάρους και της εξωτερικής του δύναμης. Η καμπύλη κάμψης είναι το μέτρο της ικανότητας επαναφοράς του υφάσματος κατά την κάμψη (Pavlinić & Geršak, 2003).



Αντίσταση των υφαντών υφασμάτων στο σχίσιμο

Η αντίσταση των υφαντών υφασμάτων στις δυνάμεις διάρρηξης, επηρεάζουν και την ευκαμψία τους (Schwartz, 2008).

Η παραμόρφωση προκύπτει κατά την χρήση του υφάσματος, λόγω των κινήσεων του ανθρώπινου σώματος (Hu, 2004), επειδή το ύφασμα υφίσταται περίπλοκες παραμορφώσεις για να προσαρμοστεί στο σχήμα του ανθρώπινου σώματος.

Η παραμόρφωση του υφάσματος επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του νήματος και τη δομή του υφάσματος (Yazdi & Ozcelik, 2007).

Πάχος και συμπεριφορά στις δυνάμεις συμπίεσης υφαντών υφασμάτων

Ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει το βαθμός συμπίεσης του υφάσματος είναι η δομή του (Mukhopadhyay et al., 2002).

Κατά την χρήση ενός ενδύματος, το πάχος του υφάσματος επηρεάζει την παρεχόμενη θερμομόνωση και το βάρος ή την ακαμψία του.

Άνεση υφασμάτων

Υπάρχουν πολλές ιδιότητες που σχετίζονται με την αίσθηση του υφάσματος (πίνακας 14.1).

Πίνακας 14.1 Χαρακτηριστικά των υφασμάτων που επηρεάζουν την άνεση του χρήστη



| | |
|--|--|
| 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/looseness |
| 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 | |

Ανάλογα με το είδος του χαρακτηριστικού, εφαρμόζονται αντικειμενικές ή υποκειμενικές μέθοδοι αξιολόγησης

Συμπεράσματα

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται ως αισθητήρες, ανιχνεύουν από μόνα τους το σχετικό ερέθισμα και ανταποκρίνονται ενεργά. Οι ιδιότητές τους αυτές επιτρέπουν τη μελλοντική τους χρήση σε πολυλειτουργικά συστήματα που συνδυάζουν λειτουργία αισθητήρα και ανάλογη προσαρμογή, σύμφωνα με τον σκοπό του προϊόντος.

Για την περιγραφή της αίσθησης που παρέχει ένα ύφασμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθοι όροι [ASTM Standard D123 (2003)]:

- η ευκαμψία, η οποία αναφέρεται στην ευκολία κάμψης.
- η πυκνότητα, η οποία περιγράφει τη μάζα/μονάδα όγκου.
- η ελαστικότητα, που αφορά στον βαθμό επαναφοράς από την παραμόρφωση.
- η επαναφορά στη συμπίεση.
- η επεκτασιμότητα, η οποία παραπέμπει στην ευκολία τεντώματος του υλικού.
- η ολισθηρότητα της επιφάνειας, η οποία χαρακτηρίζεται από αντοχή στην ολίσθηση.
- το περίγραμμα της επιφάνειας – η απόκλιση της επιφάνειας από το επίπεδο του υφάσματος.
- ο θερμικός χαρακτήρας που ορίζεται από τη φαινομενική διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ υφάσματος και ανθρώπινου δέρματος.

Για την ανάπτυξη υλικών που θα χρησιμοποιηθούν ως αισθητήρες σε πολυλειτουργικά προϊόντα, για ανίχνευση και ενεργοποίηση, είναι απαραίτητη η γνώση της θεμελιώδους σχέσης δομής/ιδιοτήτων τους.



Αναφορές

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)

Κεφάλαιο 15: Εθνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία για τα έξυπνα προϊόντα, τους αισθητήρες και τα φορέσιμα προϊόντα

Veronica Guagliumi, *Ciape, Ιταλία*

Συστάσεις πολιτικής

Με βάση την ανάλυση των οδηγών και των περιορισμών που μπορεί να συμβάλουν στη δημιουργία ενός επιχειρηματικού περιβάλλοντος ευνοϊκότερου για την ανάπτυξη και την υιοθέτηση της τεχνολογίας φορέσιμων προϊόντων, μπορούν να γίνουν πολλές συστάσεις σχετικά με τις πολιτικές που ακολουθούνται. Οι επιχειρηματίες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της τεχνολογίας φορητών συσκευών θα μπορούσαν να επωφεληθούν από ένα ρυθμιστικό πλαίσιο που ταιριάζει στις ανάγκες τους, ιδίως όσον αφορά τα ζητήματα απορρήτου που σχετίζονται με τη συλλογή και αποθήκευση προσωπικών δεδομένων από φορέσιμα προϊόντα/συσκευές. [1].

Επιπλέον, η βελτίωση της ρύθμισης του κόστους περιαγωγής δεδομένων κινητής τηλεφωνίας, θα μπορούσε να οδηγήσει σε αύξηση της χρήσης της τεχνολογίας φορέσιμων συσκευών. Τέλος, οι υπεύθυνοι για την χάραξη πολιτικής θα μπορούσαν να ενθαρρύνουν την ενσωμάτωση της τεχνολογίας φορέσιμων



προϊόντων/συσκευών σε ιατρικές συσκευές για να προωθήσουν την ανάπτυξη και περαιτέρω υιοθέτησή της. [2]

Προσαρμογή ρυθμιστικού πλαισίου στην τεχνολογία φορέσιμων προϊόντων

Με την αύξηση του αριθμού των προσωπικών συσκευών που χρησιμοποιούνται, η αποθήκευση και το απόρρητο των δεδομένων θεωρούνται όλο και πιο σημαντικά. Ωστόσο, το τρέχον κανονιστικό πλαίσιο της Ευρώπης ενδέχεται να μην καλύπτει περίπλοκα ζητήματα απορρήτου που μπορεί να προκύψουν από τις

συνεχείς εξελίξεις. Οι εταιρείες και οι δημόσιοι οργανισμοί μπορούν να αποθηκεύουν προσωπικά δεδομένα που συλλέγονται από φορητές συσκευές τεχνολογίας επ' αόριστον σε ψηφιακά σύννεφα (clouds) για ανάλυση δεδομένων των πελατών τους. [3] Παρόλο που οι εταιρείες ασφάλισης υγείας επιβραβεύουν τους χρήστες φορέσιμων προϊόντων που βελτιώνουν την υγεία, παράλληλα εξακολουθούν να υπάρχουν ευκαιρίες για κακή χρήση των συλλεγόμενων δεδομένων. Η οδηγία 95/46/EK για την προστασία των προσωπικών δεδομένων και τη διακίνησή τους θα πρέπει να επανεκτιμηθεί, ώστε να καθοριστεί εάν τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω φορητών συσκευών καλύπτονται επαρκώς από το ισχύον κανονιστικό πλαίσιο. Επιπλέον, η αυξανόμενη χρήση της τεχνολογίας κατά την οδήγηση, συμπεριλαμβανομένων των έξυπνων κινητών τηλεφώνων (smartphone) και των έξυπνων ρολογιών (smartwatches), είναι μια σημαντική αιτία απόσπασης της προσοχής του οδηγού και ατυχημάτων που μπορούν να προκύψουν. [4] Οι νόμοι και οι κανονισμοί πρέπει να αναθεωρηθούν ώστε να συμπεριλάβουν τη χρήση φορητών συσκευών κατά την οδήγηση, καθώς ακόμη και οι συσκευές hands-free μπορούν να μειώσουν την ικανότητα του οδηγού να αντιδρά σε μη ασφαλείς συνθήκες οδήγησης.

Η βιομηχανία της μόδας είναι πιθανό να επηρεαστεί από το νέο ρυθμιστικό πλαίσιο του GDPR, καθώς οι φορέσιμες συσκευές και τα έξυπνα ενδύματα θα αποκτήσουν μεγαλύτερη σημασία τα επόμενα χρόνια. Ενώ ορισμένα ζητήματα προστασίας δεδομένων είναι κοινά σε όλες τις επιχειρήσεις και τις σύγχρονες συσκευές, αφορούν τα φορέσιμα προϊόντα και μόνο. Ειδικότερα, η διαχείριση των



μεγάλων δεδομένων πελατών και εργαζομένων [5] που συλλέγονται μέσω αυτών των συσκευών, η διαμόρφωση προφίλ και η εμπορική δραστηριότητα που στοχεύει στη βελτίωση της διαχείρισης αυτών των δεδομένων, θα αποτελέσουν σημαντικό ζήτημα στο μέλλον. Αν και αυτό το στοιχείο δεν είναι μοναδικό στη βιομηχανία της μόδας, η στενή σχέση μεταξύ δεδομένων και ατόμου θα είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της σχέσης μεταξύ μόδας και ασφάλειας δεδομένων. Για πρώτη φορά, τα ενδύματα του χρήστη θα χρησιμεύσουν και ως αισθητήρες, συλλέγοντας τεράστιο όγκο δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τα οποία μπορεί να θεωρηθούν παρεμβατικά γι αυτό απαιτείται νομική ρύθμιση. Η ευαισθησία των δεδομένων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, όχι μόνο για την εμπορική τους αξία, αλλά και για τη στενή τους σχέση με τον χρήστη του προϊόντος. Η ανάπτυξη μιας πολιτικής ασφάλειας και απορρήτου, ειδικά προσαρμοσμένης για τη βιομηχανία της μόδας γίνεται όλο και πιο αναγκαία, όπως συμβαίνει και σε άλλους τομείς, για παράδειγμα στον τραπεζικό κλάδο, τις ασφάλειες, τις τηλεπικοινωνίες και την κυβέρνηση.

Το μείζον θέμα είναι η εφαρμογή μιας πολιτικής που μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τις παραβιάσεις της ασφάλειας δεδομένων. Αυτή η πολιτική θα περιλαμβάνει την κατανόηση του τι συνιστά παραβίαση δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων εσωτερικών ελαττωμάτων ή αδυναμιών που θα μπορούσαν να προκαλέσουν την ανεξέλεγκτη διάδοση δεδομένων.

Μόλις εντοπιστεί μια παραβίαση, είναι απαραίτητο να γίνονται ταχύτατα οι απαραίτητες ενέργειες και να παρέχονται οι απαιτούμενες πληροφορίες για την αξιολόγηση της σοβαρότητας της κατάστασης, επιτρέποντας ταυτόχρονα τη διαφανή επικοινωνία με τις υπεύθυνες αρχές και τους πελάτες. Ο περιορισμός της παραβίασης είναι επίσης κρίσιμος και μια λύση είναι η χρήση ανώνυμων ή κρυπτογραφημένων δεδομένων. [6]

Είναι σημαντική η κατανόηση της διαχείρισης δεδομένων από την επιχείρηση συνολικά, ειδικά όταν πρόκειται για την ανάλυση της συμπεριφοράς και των προτιμήσεων των πελατών και τις σχετικές αλληλεπιδράσεις, όντας συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο αλλά και εκτός σύνδεσης. Οι τεχνολογίες κινητής τηλεφωνίας είναι ιδιαίτερα σημαντικές, καθώς τα δεδομένα που συλλέγονται μέσω αυτών μπορούν να ενσωματωθούν με την τεχνητή νοημοσύνη για να προσφέρουν εξατομικευμένες συμβουλές. [7]



Ενώ πολλοί οίκοι μόδας προσλαμβάνουν επιστήμονες για την ανάλυση δεδομένων, στον τομέα της κυβερνοασφάλειας υπάρχει ανάγκη για την παροχή συμβουλών από νομικούς και επαγγελματίες εξειδικευμένους σε θέματα κυβερνοασφάλειας. Η πρόκληση είναι ότι η πραγματική ανωνυμοποίηση είναι ολοένα και πιο δύσκολη, καθώς οι τεχνολογίες φορέσιμων προϊόντων-συσκευών συλλέγουν προσωπικά δεδομένα που σχετίζονται με τη συμπεριφορά και την υγεία του χρήστη, καθιστώντας το ένα άνευ προηγουμένου χρήσιμο εργαλείο για διαφημιστικούς σκοπούς. [8]

Ρύθμιση του κόστους περιαγωγής

Για να αυξηθεί η χρήση φορέσιμων συσκευών με συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο, είναι ζωτικής σημασίας η μείωση των τελών περιαγωγής στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) και σε άλλα μέρη του κόσμου. Σύμφωνα με αναφορές, οι πάροχοι δικτύου αποκομίζουν υψηλά κέρδη από αυτή τη χρήση, με περιθώρια κέρδους έως και 90 τοις εκατό. [9] Για την αντιμετώπιση αυτού του ζητήματος, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εφάρμοσε το ανώτατο όριο της ευρω-χρέωσης, το οποίο από το 2007 οδήγησε σε μείωση κατά 80% στις τιμές για τηλεφωνικές κλήσεις, SMS και χρήση δεδομένων. Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ψήφισε, επίσης, την εξ ολοκλήρου απαγόρευση των τελών περιαγωγής από Δεκέμβριος 2015 και μετά. [10] Παρά τα μέτρα αυτά, υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω πίεση στους παρόχους τηλεπικοινωνιών ώστε να προσαρμόσουν τα παγκόσμια τιμολόγια περιαγωγής.

Ενθάρρυνση της ενσωμάτωσης φορητής τεχνολογίας σε ιατρικές συσκευές

Τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις παγκοσμίως, λόγω του αυξανόμενου κόστους και της ζήτησης, σε συνδυασμό με την πρόοδο στη θεραπεία πολύπλοκων καταστάσεων. Το αυξανόμενο μερίδιο του ΑΕΠ [2] που διατίθεται για την υγειονομική περίθαλψη είναι μη βιώσιμο και η χρήση της τεχνολογίας μπορεί να αποτελέσει την πιο βιώσιμη λύση για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης. Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής μπορούν να προωθήσουν την ενσωμάτωση της φορητής τεχνολογίας σε ιατρικές συσκευές, επιτρέποντας στους επιχειρηματίες να μεταβούν από την κατασκευή



ηλεκτρονικών προϊόντων ευρείας κατανάλωσης, στην κατασκευή ελεγχόμενων ηλεκτρονικών συσκευών για χρήση στην ιατρική, τα οποία θα παρέχουν ακριβή δεδομένα με δυνατότητα ενσωμάτωσης στα ιατρικά αρχεία των ασθενών. [3] Οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής, μπορούν επίσης, να πείσουν τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, αλλά και τους ασφαλιστές, για τα οφέλη που προσφέρει η εφαρμογή της φορητής τεχνολογίας σε ιατρικές συσκευές, μέσω της επίδειξης των παρεχόμενων δυνατοτήτων. Ωστόσο, το ρυθμιστικό πλαίσιο πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτο, ώστε να ενθαρρύνει την ταχεία εφαρμογή καινοτομίας, προστατεύοντας παράλληλα τη δημόσια υγεία και οι όποιοι ισχυρισμοί διατυπώνονται από παρόχους φορέσιμων συσκευών ή προγραμματιστές εφαρμογών, πρέπει να εξετάζονται διεξοδικά, καθώς μόνο ένα μικρό ποσοστό εφαρμογών υγείας που θεωρείται ότι θεραπεύουν μερικώς ή ολικώς ιατρικά προβλήματα είναι κλινικά ελεγμένες ή εγκεκριμένες. [11]

Συμπεράσματα

Το πρώτο συμπέρασμα που συνάγεται είναι ότι είναι ζωτικής σημασίας η επεξεργασία των δεδομένων με τρόπο που να διατηρείται η ανωνυμία. Το δεύτερο βασικό θέμα είναι η κρυπτογράφηση δεδομένων, η οποία είναι το πιο αποτελεσματικό τεχνολογικό εργαλείο για τη διαφύλαξη των συλλεγόμενων δεδομένων, ιδιαίτερα κατά την επικοινωνία με εταιρείες μόδας μέσω φορέσιμων συσκευών. Η Αρχή προστασίας δεδομένων προσωπικού χαρακτήρα (GDPR) και άλλα πρότυπα υπογραμμίζουν τη σημασία της προστασίας των πελατών που χρησιμοποιούν τέτοιες συσκευές. Επιπλέον, το “Allday” προσδιορίζει τέσσερις τομείς, οι οποίοι συνδέουν φορητές συσκευές, βέλτιστες πρακτικές ασφάλειας στον κυβερνοχώρο και GDPR. Ο πρώτος τομέας είναι η διασφάλιση ότι τα μέλη του προσωπικού της εταιρείας που κατασκευάζει το προϊόν γνωρίζουν τι συνιστά παραβίαση δεδομένων και πώς να την αποτρέψουν και να την αναφέρουν [12]. Ο δεύτερος τομέας είναι η επένδυση στη διαχείριση πελατειακών σχέσεων με την παροχή ενός ανθρώπινου σημείου επαφής για τους πελάτες, στο οποίο να μπορούν να υποβάλουν ερωτήσεις, καθώς και τη διατήρηση της δέσμευσης. Οι παραβιάσεις δεδομένων θεωρούνται η πιο σημαντική απειλή για τα δεδομένα



φορέσιμων συσκευών και είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα για την αποτροπή τους.

Η δεύτερη πτυχή που συζητείται σε αυτό το πλαίσιο αφορά την προστασία των δεδομένων του καταναλωτή, η οποία τονίζεται επίσης σε πολλούς κανονισμούς και απαιτήσεις του GDPR. Είναι σημαντικό να υπάρχει διαφάνεια με τους πελάτες σχετικά με τα δικαιώματά τους, τον τρόπο αναζήτησης περισσότερων πληροφοριών και πώς να διαγράφονται τα δεδομένα τους. Η διαφάνεια και η ειλικρίνεια είναι απαραίτητες για τη διατήρηση της αφοσίωσης των πελατών και τη διασφάλιση της ασφάλειάς τους στο Διαδίκτυο, ειδικά υπό το φως παλαιότερων σκανδάλων όπως η Cambridge Analytica και το Facebook. Είναι, επίσης, σημαντικό να απαντώνται έγκαιρα όλα τα αιτήματα πελατών που σχετίζονται με τα δεδομένα τους, ιδιαίτερα τα αιτήματα για τυχόν αφαίρεση πληροφοριών. Τέλος, το μάρκετινγκ και η προβολή διαφημίσεων των μέσων κοινωνικής δικτύωσης θα πρέπει να επικεντρώνονται στην παροχή εξατομικευμένου περιεχομένου που προσελκύει μεμονωμένους πελάτες, χωρίς να διακυβεύει τα δεδομένα τους ή να το εκμεταλλεύεται. Είναι σημαντικό να εξισορροπηθεί η ανάγκη για προστασία δεδομένων με την ανάγκη για επεξεργασία δεδομένων



Αναφορές

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 \(mddionline.com\)](http://www.mddionline.com/Healthcar)
3. Business Innovation Observatory case study 46 on Smart Health, ef. Ares (2015)4620622 - 27/10/2015: Diederik Verzijl & Kristina Dervojeda, 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 \(europa.eu\)](http://europa.eu/End_of_roaming_charges:_Council_confirms_agreement_with_EP_-_Consilium)
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).

Κεφάλαιο 16: Συνθετική ανάλυση – κλωστοϋφαντουργικοί αισθητήρες, φορέσιμα προϊόντα

Ιωάννης Χρόνης, Γεώργιος Πρινιωτάκης, Αθανάσιος Παναγιωτόπουλος, Πα.Δ.Α.,
Ελλάδα



Εισαγωγή

Τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα αποτελούν έναν νέο κλάδο, ο οποίος φαίνεται να φθάνει στην φάση της ωρίμανσής του. Μέχρι στιγμής, ο κλάδος έχει προσανατολιστεί στην εκμετάλλευση της προόδου της ηλεκτρονικής και των επικοινωνιών, αποτυγχάνοντας ωστόσο να ενσωματώσει τις τεχνολογίες αυτές σε ένα προϊόν που να πληροί τις απαιτήσεις ενός κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος. Τα πρωτότυπα γίνονται πιο «υφασμάτινα» (κλωστοϋφαντουργικά), χάρη στην ανάπτυξη νέων κλωστοϋφαντουργικών υλικών που είναι αγωγίμα ή/και έχουν εγγενείς λειτουργίες.

Ανάλυση έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων

Τα φορέσιμα προϊόντα είναι ενδύματα ή αξεσουάρ για το ανθρώπινο σώμα, τα οποία εκτελούν κάποια συγκεκριμένη λειτουργία. Από αυτή την άποψη, το μοντέλο ενός φορέσιμου κλωστοϋφαντουργικού προϊόντος θα πρέπει να είναι η ενσωμάτωση ενός ενδύματος ή αξεσουάρ, σε ένα κλασικό μοντέλο ενός συστήματος αυτοματισμού με όλα τα μέρη που απαιτούνται για την έγκυρη λειτουργία του:

- Συσκευές εισόδου σήματος: αισθητήρες
- Μικροελεγκτής επεξεργασίας εισόδου (δεδομένων), PCB, smartphone
- Έξοδος σήματος: ενεργοποιητές, LED, οθόνες, είσοδος (σήμα) σε μια εφαρμογή λογισμικού
- Αποθήκευση δεδομένων: smartphone, υπολογιστικό νέφος (cloud) μέσω εφαρμογής
- Επικοινωνία μεταξύ των επιμέρους τμημάτων: ηλεκτρονικά, ασύρματα, οπτικά
- Τροφοδοσία: μπαταρία, φωτοβολταϊκά πάνελ, κινητική, τριβολοηλεκτρική

Όλα τα παραπάνω μέρη θα πρέπει να ενσωματωθούν απρόσκοπτα, όσο το δυνατόν περισσότερο. Στην πραγματικότητα, η εξέλιξη των έξυπνων υφασμάτων χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με το επίπεδο ενσωμάτωσης εξαρτημάτων στο προϊόν. Η πρώτη και η δεύτερη γενιά έξυπνων υφασμάτων/ενδυμάτων, συνίσταντο απλά σε ύφασμα/ένδυμα με διακριτά ενεργά υλικά ή συμβατικά ηλεκτρονικά συνδεδεμένα στο ύφασμα/ένδυμα. Το ύφασμα/ένδυμα θα πρέπει να αποτελεί το υπόστρωμα που θα φιλοξενεί τα άλλα μέρη, ή τουλάχιστον μερικά από αυτά. Σ' αυτή τη διαμόρφωση έχουν βασιστεί ορισμένα προϊόντα, όπως το "Iconic Levi's® Trucker jacket" [1] και αρκετά προϊόντα για τη συλλογή βιομετρικών



δεδομένων (έξυπνα γιλέκα), αλλά τα οποία στην πραγματικότητα δεν αποτελούν επιτυχημένα επιχειρηματικά σενάρια.

Μια αρκετά επιτυχημένη τυπική τεχνολογία αυτής της γενιάς, ήταν τα οικοσυστήματα του Arduino [2] και του Adafruit [3]: πρόκειται για μικρές πλακέτες (CPU) και αισθητήρες, εύκολα προγραμματιζόμενους σε ένα απλό ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE).

Η τρίτη γενιά φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενη, καθώς τα λειτουργικά εξαρτήματα ενσωματώνονται στο ένδυμα χωρίς ραφές.

Είναι αλήθεια ότι δεν υπάρχει μέχρι στιγμής αγορά για έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα. Μια μέθοδος ανάλυσης του κύκλου ζωής ως προς την τεχνολογία και το δίκτυο από τους Qian Xu et al. [4] με βάση δεδομένα από διπλώματα ευρεσιτεχνίας, αποκάλυψε ότι η τεχνολογική σύγκλιση στα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα θα φτάσει στο αποκορύφωμά της το 2030, πράγμα που σημαίνει ότι ο τομέας αυτή τη στιγμή βρίσκεται στην ώριμη φάση του. Επιπλέον, αυτή η μελέτη παρουσιάζει τους κύριους τεχνολογικούς τομείς που ασχολούνται με τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα: ηλεκτρονικά (ο κορυφαίος τομέας), μηχανική και χημική τεχνολογία, Πληροφορική (επιστήμη υπολογιστών) και σχεδιασμός προϊόντων.

Στα πρόσφατα πρότυπα και προϊόντα, πολλά από τα προαναφερόμενα τεχνικά μέρη έχουν αντικατασταθεί από το smartphone, δεδομένου ότι μπορεί να παρέχει την αποθήκευση δεδομένων και το στοιχείο επεξεργασίας δεδομένων, καθώς και την οθόνη ως συσκευή εξόδου.

Η ασυμβατότητα είναι θεμελιώδης στα φορέσιμα προϊόντα: πρέπει να είναι εύκαμπτα όπως είναι τα ενδύματα, αλλά τα ηλεκτρονικά μέρη είναι σκληρά. Αυτό επηρεάζει κυρίως την αισθητική του προϊόντος, καθώς έχει την εικόνα ενός περίεργου ενδύματος. Επίσης, σχετίζεται με την άνεση του προϊόντος. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα μπορεί να είναι είτε ο σχεδιασμός και η κατασκευή ηλεκτρονικών εξαρτημάτων από κλωστοϋφαντουργικό υλικό, είτε η προσάρτηση μικρο (ή ακόμα και νανο) ηλεκτρονικών σε κλωστοϋφαντουργικό υπόστρωμα. Και οι δύο επιλογές έχουν εφαρμοστεί τόσο σε πρωτότυπα, όσο και σε προϊόντα και όπως αποδείχθηκε μπορούν αμφότερες να παρέχουν πολλά υποσχόμενα αποτελέσματα, αλλά η εφαρμογή μεθόδων μαζικής παραγωγής τέτοιου είδους προϊόντων είναι ένα πρόβλημα που δεν έχει λυθεί ακόμα.

Μια πλήρης επισκόπηση των μεθόδων και των υλικών που έχουν εφαρμοστεί στην κατασκευή έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων παρέχεται από τον Heitor



Luiz Ornaghi Junior et al. [5]. Σύμφωνα με αυτό το άρθρο, οι κύριες κατηγορίες κατασκευής είναι:

- Χρήση αγώγιμων κλωστοϋφαντουργικών νημάτων
- Κατασκευή με Πλεκτική και υφαντική
- Ενσωμάτωση ειδικών λειτουργιών/ιδιοτήτων στο ύφασμα μέσω ειδικού φινιρίσματος μετά την κατασκευή του

Οι κύριες κατηγορίες έξυπνων υφασμάτων είναι:

- Έξυπνα υφάσματα, τα οποία αλλάζουν χρώμα σύμφωνα με κάποιον παράγοντα
- Υφάσματα για έλεγχο θερμοκρασίας
- Υφάσματα με μνήμη σχήματος
- Ηλεκτρονικά υφάσματα

Μοντέλο σχεδιασμού για έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα

Τα ζητούμενα χαρακτηριστικά ενός φορέσιμου ηλεκτρονικού προϊόντος είναι η άνεση, η προστασία, η διάρκεια, η δυνατότητα πλύσης και η αισθητική/συμβατότητα με τις τρέχουσες τάσεις της μόδας. Ωστόσο, για τον σχεδιασμό τους υπάρχουν πολύ περισσότερες απαιτήσεις.

Το σχεδιαστικό μοντέλο ενός φορέσιμου ηλεκτρονικού προϊόντος είναι αρκετά περίπλοκο και δεν έχει καθιερωθεί ακόμα. Ένα καλό μοντέλο είναι αυτό που προτείνεται από τους Francés-Morcillo et al, [6], το οποίο ενοποιεί τις απαιτήσεις σχεδιασμού με την απεικόνιση ενός τροχού, ο οποίος αποτελείται από 9 ομάδες, εισάγοντας τις απαιτήσεις εργονομίας και αλληλεπίδρασης με τον χρήστη, μαζί με τις φυσικές απαιτήσεις, αποτελώντας την καινοτόμα πτυχή αυτού του μοντέλου. Το μοντέλο τροχού φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 16.1. Πρέπει να αναφερθεί ότι αυτό που λείπει από το μοντέλο αυτό είναι η νέα πτυχή του οικολογικού σχεδιασμού, η οποία γίνεται ολοένα και πιο σημαντική και αργά ή γρήγορα θα αποτελεί υποχρεωτική απαίτηση τόσο για τα φορέσιμα προϊόντα, όσο και για τα ηλεκτρονικά κα τα ενδύματα.

Το μοντέλο τροχού έχει επίσης μια άλλη σχεδιαστική απαίτηση, η οποία είναι η κατασκευαστική ικανότητα. Αυτή είναι μια πολύ σημαντική πτυχή, διότι σχετίζεται



με την εμπορευματοποίηση των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, που ακόμη είναι σε εκκρεμότητα. Για τη μαζική παραγωγή απαιτούνται αυτοματοποιημένες μέθοδοι παραγωγής σε προσιτό κόστος, καθώς και αξιοπιστία. Είναι πολύ πιθανόν οι νέες τεχνικές παραγωγής κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, όπως η τρισδιάστατη πλέξη και η τρισδιάστατη εκτύπωση να επικρατήσουν βραχυπρόθεσμα σε σχέση με τις συμβατικές, αλλά σε κάθε περίπτωση, το προϊόν πρέπει να σχεδιαστεί ανάλογα και να αναπτυχθεί από κατάλληλα υλικά (εύκαμπτα, αγώγιμα νήματα μικρού βάρους). Μέχρι στιγμής και σύμφωνα με την γνώση που υπάρχει, οι προσπάθειες για νέα καινοτόμα υλικά στοχεύουν κυρίως σε νέες λειτουργίες και άνεση κι έτσι το θέμα κατασκευαστικότητας δεν βρίσκεται στο προσκήνιο. Αυτός είναι ο λόγος που τα έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα δεν αναφέρονται στο προαναφερθέν μοντέλο πέρα από το Επίπεδο Τεχνολογικής Ετοιμότητας 2, που είναι στην ουσία πρωτότυπα [7].

Είναι σαφές ότι αυτό απαιτεί μια διεπιστημονική ομάδα σχεδιασμού. Μέχρι στιγμής, τα ενδύματα σχεδιάζονται από σχεδιαστές μόδας, εστιάζοντας στο κόστος, την αισθητική και την άνεση. Από την άλλη πλευρά, τα υφάσματα σχεδιάζονται από μηχανικούς με στόχο τη λειτουργικότητα και την αξιοπιστία της λειτουργίας τους. Η απόσταση μεταξύ αυτών των δύο ομάδων σχεδιαστών, περιγράφεται πολύ καλά με τον όρο «Κοινός στόχος με Διαιρεμένη Εστίαση» των Rebecca R. Ruckdashel, et al. [7].

Για παράδειγμα, οι Natascha M. van der Velden et al. [8] υπογραμμίζουν τη σημασία της επιλογής υλικών και προτείνουν τη χρήση χαλκού για αγωγούς και ακρυλίου για υπόστρωμα, έναντι ασημιού και ακρυλίου αντίστοιχα, ως παραδείγματα υλικών με μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις και χαρακτήρα πιο φιλικό προς το περιβάλλον.

Συμπέρασμα

Μια συνθετική ανάλυση των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων αποκαλύπτει ότι δεν υπάρχει ένα καθιερωμένο πρότυπο για το σχεδιασμό και την κατασκευή τους. Ο τομέας καθοδηγείται από σημαντικές διαθέσιμες προόδους σε

έξυπνα υλικά και τεχνολογίες, αλλά περιορίζεται επίσης από την τύχη της αποτελεσματικής ενσωμάτωσης ηλεκτρονικών στοιχείων σε ένα κλωστοϋφαντουργικό προϊόν. Τα ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα μπορούν να αποτελέσουν λύση σε αυτό το πρόβλημα, εφόσον υπάρχουν επίσης διαθέσιμες τεχνολογίες μαζικής κατασκευής και παραγωγής.



Figure 3. Wearable design requirements wheel model.

Εικόνα 16.1 Μοντέλο τροχού για τις απαιτήσεις σχεδιασμού φορέσιμων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων [6]



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>.



Κεφάλαιο 17: Δυναμική αγοράς για έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα με ηλεκτρονικά στοιχεία

Veronica Guagliumi, Ciare, Ιταλία

Δυνατότητες αγοράς

Η ανάπτυξη της αγοράς έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων καθοδηγείται από την τάση μείωσης μεγέθους (μικρογραφιοποίηση) των ηλεκτρονικών και την αυξανόμενη ενσωμάτωση έξυπνων υφασμάτων με φορητές συσκευές. Στους τομείς της υγείας και του αθλητισμού, τα έξυπνα υφάσματα χρησιμοποιούνται συχνότερα για την παρακολούθηση των κραδασμών των μυών, τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος και την προστασία από κινδύνους. Η ανάπτυξη συμπαγών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων όπως αισθητήρες, μπαταρίες και πίνακες ελέγχου έχει επίσης διευκολύνει την ενσωμάτωση έξυπνων υφασμάτων σε φορέσιμες ηλεκτρονικές συσκευές. Επιπλέον, στον τομέα της άμυνας εισάγονται περισσότερα προϊόντα, γεγονός που συμβάλλει επίσης στην ανάπτυξη της αγοράς. (1)

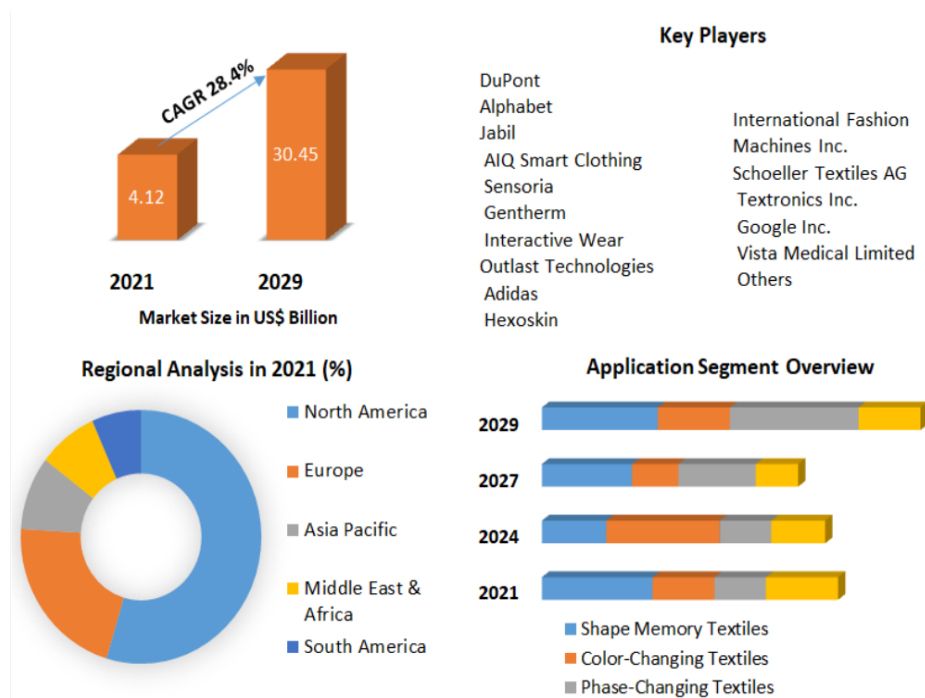
Οι φορητές συσκευές υγειονομικής περίθαλψης, οι οποίες επιτρέπουν στους καταναλωτές να παρακολουθούν ζωτικής σημασίας πληροφορίες υγείας, τόσο εντός όσο και εκτός του νοσοκομείου, αναμένεται να παραμείνουν ένας σημαντικός τομέας, ο οποίος ευνοείται από την κινητή συνδεσιμότητα. (2)

Η αγορά έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων προβλέπεται να φθάσει τα 30,45 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ έως το 2029, με ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης 28,4%, ειδικά στον τομέα των ενεργών/υπερ-έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. (3)

Ο τομέας έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων κυριάρχησε στην αγορά της Βόρειας Αμερικής το 2021, λόγω της έντονης ζήτησης από διάφορους τομείς, όπως για προϊόντα στρατού και προστατευτικού εξοπλισμού, για υγειονομική περίθαλψη, σωματική άσκηση, φυσική κατάσταση και αθλητισμό, ιδιαίτερα στις Ηνωμένες Πολιτείες Από γεωγραφική άποψη στους σημαντικούς κατασκευαστές έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων συγκαταλέγονται εταιρείες όπως η DuPont (ΗΠΑ), η Gentherm (ΗΠΑ), η Sensoria (ΗΠΑ), η Alphabet (ΗΠΑ) και η Jabil (ΗΠΑ), οι οποίοι συμβάλλουν ενεργά στην ανάπτυξη της αγοράς. Μεγάλοι παίκτες,



όπως η Google, η Apple, η Samsung, η Qualcomm και η Microsoft έχουν ήδη εμπλακεί σε μεγάλο βαθμό στον τομέα των φορητών τεχνολογιών, ιδιαίτερα στον κλάδο της υγείας και της φυσικής κατάστασης. Με τις τρέχουσες εξελίξεις στον κλάδο φορέσιμων ηλεκτρονικών προϊόντων, αναμένεται να αναπτυχθεί έντονος ανταγωνισμός. Μια πρόσφατη μελέτη από την ABI Research δείχνει ότι ο αριθμός των φορέσιμων προϊόντων που εξήχθησαν σε παγκόσμιο επίπεδο παγκοσμίως κατά το 2020 έφθασε τα 259,63 εκατομμύρια, με κατανομή: 112,15 εκατομμύρια προϊόντα αθλητισμού, γυμναστικής και ευεξίας και 74,30 εκατομμύρια έξυπνα ρολόγια (smartwatches). Η αγορά των ασύρματων ακουστικών, που είναι το κορυφαίο έξυπνο αξεσουάρ, έφτασε τις 502,7 εκατομμύρια αποστολές μέχρι το τέλος του 2021 και αναμένεται να ξεπεράσει τα 700 εκατομμύρια έως το 2026, με CAGR 7,6%. (4)



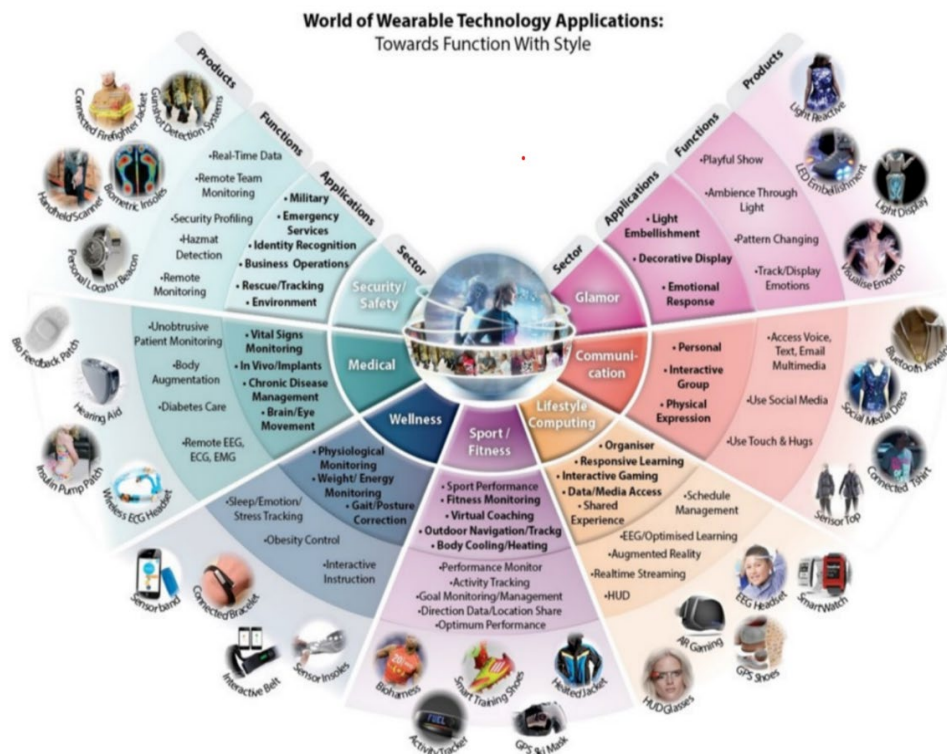


Εικόνα 17.1 Παγκόσμια αγορά έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων – Μεγιστοποίηση έρευνας αγοράςPVT. Ε.Π.Ε. (2)

Κοινωνικές δυνατότητες

Οι φορέσιμες συσκευές έχουν μια σειρά από κοινωνικοοικονομικά οφέλη που καλύπτουν διαφορετικούς κλάδους. Αυτές οι συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία εκπαίδευσης, για παράδειγμα για τη διευκόλυνση της επιβίβασης νέων υπαλλήλων. Στον τομέα του λιανικού εμπορίου, τα φορέσιμα προϊόντα μπορούν να βελτιώσουν τις υπηρεσίες πωλήσεων αυξάνοντας την ταχύτητα των συναλλαγών, ενώ στον τομέα της κατασκευής, μπορούν να υποστηρίξουν την παραγωγική διαδικασία με δωρεάν παροχή εργαλείων καθοδήγησης. Οι φορέσιμες συσκευές, μπορούν επίσης να βελτιώσουν την ακρίβεια των πληροφοριών για τον εξορθολογισμό των διαδικασιών στην υγειονομική περίθαλψη, να επιταχύνουν τις κλινικές δοκιμές και να μειώσουν το ιατρικό κόστος, όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με εξοπλισμό γυμναστικής και τα κατάλληλα κίνητρα για την ενθάρρυνση των ασθενών να ασκηθούν. Όλα τα προαναφερθέντα παραδείγματα υπογραμμίζουν πώς η τεχνολογία wearable μπορεί να ωφελήσει τόσο τις επιχειρήσεις όσο και τους χρήστες.

Η ευρεία υιοθέτηση των φορέσιμων προϊόντων αναμένεται επίσης να δημιουργήσει νέες ευκαιρίες εργασίας. Από μια μελέτη που διεξήχθη από τη Wanted Analytics διαπιστώθηκε ότι τον Μάιο του 2014, υπήρξαν 1.018 αγγελίες εργασίας που σχετίζονται ειδικά με την τεχνολογία wearable, αύξηση 150% σε σύγκριση με τον Μάιο του 2013. Η ζήτηση ειδικών τεχνολογίας φορητών συσκευών ήταν κυρίως από επιχειρήσεις με έδρα τις ΗΠΑ, με την Intel να έχει τις περισσότερες αγγελίες εργασίας που σχετίζονται με αυτήν την τεχνολογία. Η Nike, η Zoll και η Microsoft ήταν επίσης μεταξύ των εταιρειών με τη μεγαλύτερη ζήτηση για υποψηφίους εξειδικευμένους στην τεχνολογία wearable. Η έρευνα διαπίστωσε ότι οι περισσότερες από τις κενές θέσεις εργασίας αφορούσαν προγραμματιστές λογισμικού και διαδικτύου, διευθυντές μάρκετινγκ και ηλεκτρολόγους μηχανικούς. Επί του παρόντος, οι διευθυντές μάρκετινγκ με εξειδίκευση στα wearables είναι οι πιο περιζήτητοι και σχετικά δύσκολο να προσληφθούν σε σύγκριση με τους προγραμματιστές λογισμικού και τους ηλεκτρολόγους μηχανικούς. (6)



Εικόνα 17.2 Εφαρμογές φορέσιμης τεχνολογίας στην αγορά καταναλωτών - Beecham Research Ltd. (5)

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας wearable οδηγεί την καινοτομία σε παραδοσιακές βιομηχανίες, όπως η μόδα και το κόσμημα. Στο παρελθόν, ο πρωταρχικός στόχος των κοσμημάτων ήταν να δείχνουν όμορφα, ενώ η λειτουργικότητα συχνά παραβλέπονταν. Ωστόσο, με την εμφάνιση φορέσιμων συσκευών, όπως οι ιχνηλάτες (tracker) γυμναστικής Jawbone και τα γυαλιά GlassUp με δυνατότητα σύνδεσης σε δίκτυο Wi-Fi, τα παραδοσιακά κοσμήματα/αξεσουάρ αντιμετωπίζουν ανταγωνισμό. Αν και δεν είναι σαφές εάν τα smartwatches θα αντικαταστήσουν πλήρως τα παραδοσιακά ρολόγια, είναι προφανές ότι τόσο οι παραδοσιακοί ωρολογοποιοί, όσο και οι νέες εταιρείες που εμπλέκονται στο χώρο όπως η Apple, διεκδικούν μερίδιο στην ομάδα των καταναλωτών. (7)

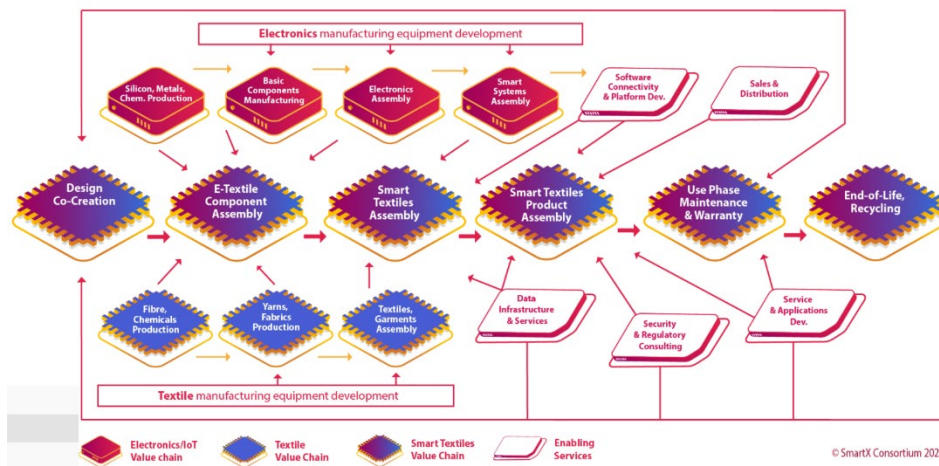


Ως αποτέλεσμα, οι επιχειρήσεις πρέπει να αναπτύξουν αποτελεσματικές στρατηγικές, όπως η ενσωμάτωση φορέσιμης τεχνολογίας στα προϊόντα τους ή έμφαση στη λειτουργικότητα έναντι της αισθητικής, ώστε να είναι ανταγωνιστικά.
(8)

Η σύγκλιση της μόδας, του κοσμήματος και της τεχνολογίας φορητών συσκευών θα μπορούσε επίσης να οδηγήσει σε νέες συνεργασίες μεταξύ κατασκευαστών μόδας και κοσμημάτων και παρόχων τεχνολογίας φορητών συσκευών. Για παράδειγμα, η Nike έχει ήδη δημιουργήσει μια σειρά αθλητικών ειδών που ενσωματώνει την τεχνολογία wearable, επιτρέποντας την αλληλεπίδραση με smartphone και MP3 players.

Δυναμική της αλυσίδας αξίας

Η αλυσίδα αξίας των έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων περιλαμβάνει τρεις τύπους βιομηχανίας, δηλαδή την κλωστοϋφαντουργία, τις ΤΠΕ (Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνιών) και την ηλεκτρονική, καθεμία με διαφορετικούς παίκτες. Ως εκ τούτου, οι διατομεακές συμπράξεις είναι απαραίτητες για το συνδυασμό εμπειρογνομosύνης και στρατηγικών. Οι εταιρείες κλωστοϋφαντουργίας συχνά στερούνται εξειδικευμένων γνώσεων στα ηλεκτρονικά, γεγονός που εμποδίζει την ενεργό συμμετοχή τους στην επέκταση της έξυπνης κλωστοϋφαντουργίας.



Εικόνα 17.3 Αλυσίδα αξίας έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων. SmarteX Consortium 2021 (9)

Οι εταιρείες του έργου “SmarteX Europe” έχουν αναπτύξει έναν ολοκληρωμένο χάρτη αλυσίδας αξίας έξυπνων κλωστοϋφαντουργικών προϊόντων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 17.3. Αυτή η διατομεακή αλυσίδα αξίας περιλαμβάνει τα στοιχεία υλικού, λογισμικού, κλωστοϋφαντουργίας και τελικού προϊόντος. Οι έξυπνες συσκευές ή συστήματα δημιουργούνται συνδυάζοντας έξυπνα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα με πρόσθετο λογισμικό. Αυτές οι συσκευές αποτελούν μέρος ενός μεγαλύτερου «Έξυπνου Δικτύου» που αποτελείται από διασυνδεδεμένες έξυπνες συσκευές που χρησιμοποιούν δεδομένα αποθηκευμένα σε cloud για λόγους ασφαλείας, ανάλυση δεδομένων και επεξεργασία. Αυτά τα δίκτυα και οι συσκευές στη συνέχεια ενσωματώνονται σε «έξυπνες εφαρμογές».

(9)

Η αγορά φορέσιμων συσκευών αναμένεται να αναπτυχθεί γρήγορα, καθώς υπολογίζεται ότι θα δαπανηθούν 21,5 δισεκατομμύρια ευρώ σε σύνθετα υλικά και υλικά για φορητές τεχνολογία έως το 2025. (10)

Οι επιχειρήσεις που επιδιώκουν να αποκτήσουν μεγαλύτερα μερίδια αγοράς θα χρειαστεί να αναπτύξουν νέα σχέδια, τα οποία να παρέχουν τα πλεονεκτήματα μικρότερων, πιο ευέλικτων και άνετων συσκευών που μπορούν να φορεθούν διακριτικά ή ακόμα και να εμφυτευθούν, να κατασκευαστούν από διαφανή υλικά



ή να σχεδιαστούν ως προϊόντα μιας χρήσης. Η δυνατότητα συλλογής και αποθήκευσης ενέργειας θα αποτελέσει επίσης σημαντικό παράγοντα στα μελλοντικά σχέδια φορητών συσκευών. Κατά μήκος της αλυσίδας αξίας, η σχέση μεταξύ των κατασκευαστών προϊόντων και των παρόχων υπηρεσιών έχει σημαντικό αντίκτυπο στον κλάδο. Για παράδειγμα, οι καθυστερήσεις στην κυκλοφορία του Google Glass και του οικοσυστήματος των εφαρμογών του, οδήγησαν πολλούς προγραμματιστές εφαρμογών να εγκαταλείψουν τα έργα τους και να αναζητήσουν εναλλακτικές λύσεις όπως το GlassUp. (11)

Η δυναμική της αλυσίδας αξίας μπορεί επίσης να υποδειχθεί από τη διασύνδεση μεταξύ του δικτύου δεδομένων κινητής τηλεφωνίας και των παρόχων λύσεων για προϊόντα. Σε αντίθεση με τα smartphone, οι κατασκευαστές φορέσιμων προϊόντων ή οι πάροχοι υπηρεσιών συνήθως ενσωματώνουν στις λύσεις τους διατάξεις δικτύου για υπηρεσίες δεδομένων κινητής τηλεφωνίας. Ως αποτέλεσμα, οι ειδικοί παροχής λύσεων (solution suppliers) και οι πάροχοι δικτύου διαπραγματεύονται την τιμή της μεταφοράς δεδομένων. Η Yerzon, Φινλανδική εταιρεία που είναι υπεύθυνη για φορητή συσκευή παρακολούθησης παιδιών, προσφέρεται ως ένα καλό παράδειγμα για τις περιπτώσεις αυτές. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία «μηχανή-με-μηχανή» (machine-ti-machine (m2m)) (12), η Yerzon διαχειρίζεται τις συνδρομές των πελατών της για τα προϊόντα της σε όλες τις αγορές, επιτρέποντας στον Όμιλο Yerzon να εισέλθει σε νέες αγορές και να χειριστεί σημαντικούς όγκους συνδρομών, μέσω ενός ενιαίου περιβάλλοντος (διεπαφή) για το χρήστη (διεπαφή). Η πλατφόρμα αυτή επιτρέπει επίσης στην Yerzon να προσφέρει μια ενιαία διασυνδεδεμένη συσκευή που θα λειτουργεί στις ΗΠΑ, τη Ρωσία και όλη την Ευρώπη. Επιπλέον, οι δύο μεγαλύτερες πλατφόρμες εφαρμογών, Android και iOS, διεκδικούν το να γίνουν η κορυφαίες πλατφόρμες για τη δημιουργία εφαρμογών, όπως ακριβώς συνέβη για τις αγορές tablet και φορητών συσκευών. Δεδομένου ότι η ζήτηση για ένα φορητό γκάτζετ (gadget) εξαρτάται εν μέρει από τις εφαρμογές που θα λειτουργούν σε αυτό, η επιρροή αυτής της δυνατότητας έχει αντίκτυπο στους παράγοντες ανόδου και καθόδου της αλυσίδας αξίας των προϊόντων αυτών.

Αναφορές:



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 Dervojeda, 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.

Κεφάλαιο 18: Δυναμική της αγοράς για κλωστοϋφαντουργικούς αισθητήρες

Veronica Guagliumi, Ciape, Ιταλία

Πρόσφατες εξελίξεις στα Έξυπνα Ενδύματα

Η δυναμική της αλυσίδας αξίας μπορεί επίσης να υποδειχθεί από τη διασύνδεση μεταξύ του δικτύου δεδομένων κινητής τηλεφωνίας και των παρόχων λύσεων για προϊόντα. Σε αντίθεση με τα smartphone, οι κατασκευαστές φορέσιμων προϊόντων ή οι πάροχοι υπηρεσιών συνήθως ενσωματώνουν στις λύσεις τους

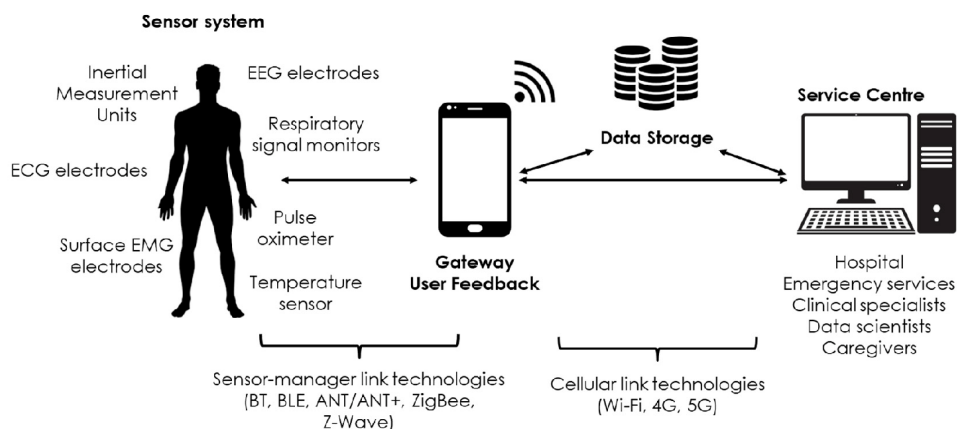


διατάξεις δικτύου για υπηρεσίες δεδομένων κινητής τηλεφωνίας. Ως αποτέλεσμα, οι ειδικοί παροχής λύσεων (solution suppliers) και οι πάροχοι δικτύου διαπραγματεύονται την τιμή της μεταφοράς δεδομένων. Η Yerzon, Φινλανδική εταιρεία που είναι υπεύθυνη για φορητή συσκευή παρακολούθησης παιδιών, προσφέρεται ως ένα καλό παράδειγμα για τις περιπτώσεις αυτές. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία «μηχανή-με-μηχανή» (machine-ti-machine (m2m)) (12), η Yerzon διαχειρίζεται τις συνδρομές των πελατών της για τα προϊόντα της σε όλες τις αγορές, επιτρέποντας στον Όμιλο Yerzon να εισέλθει σε νέες αγορές και να χειριστεί σημαντικούς όγκους συνδρομών, μέσω ενός ενιαίου περιβάλλοντος (διεπαφή) για το χρήστη (διεπαφή). Η πλατφόρμα αυτή επιτρέπει επίσης στην Yerzon να προσφέρει μια ενιαία διασυνδεδεμένη συσκευή που θα λειτουργεί στις ΗΠΑ, τη Ρωσία και όλη την Ευρώπη. Επιπλέον, οι δύο μεγαλύτερες πλατφόρμες εφαρμογών, Android και iOS, διεκδικούν το να γίνουν η κορυφαίες πλατφόρμες για τη δημιουργία εφαρμογών, όπως ακριβώς συνέβη για τις αγορές tablet και φορητών συσκευών. Δεδομένου ότι η ζήτηση για ένα φορητό γκάτζετ (gadget) εξαρτάται εν μέρει από τις εφαρμογές που θα λειτουργούν σε αυτό, η επιρροή αυτής της δυνατότητας έχει αντίκτυπο στους παράγοντες ανόδου και καθόδου της αλυσίδας αξίας των προϊόντων αυτών.

Το έργο PROeTEX έχει δημιουργήσει προηγμένα έξυπνα ενδύματα (ηλεκτρονικά κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα - E-Textile), με τα οποία παρακολουθούνται οι φυσιολογικές παραμέτροι των εργαζομένων σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Αναπτύχθηκαν τρία πρωτότυπα: ένα εσωτερικό ένδυμα (IG), ένα εξωτερικό ένδυμα (OG) και ένα ζευγάρι μπότες. Το εσωτερικό ένδυμα (IG) μετρά τον καρδιακό ρυθμό, την αναπνευστική κίνηση, τον ιδρώτα, την ενδεχόμενη αφυδάτωση, τους ηλεκτρολύτες, τους δείκτες στρες, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και την εσωτερική θερμοκρασία, ενώ το εξωτερικό ένδυμα (OG) και τέλος, οι μπότες μετρούν τη δραστηριότητα, το χημικό περιβάλλον και την εξωτερική θερμοκρασία. Ο πίνακας αξιολόγησης απόδοσης (Performance Evaluation Board PEB), που διαθέτει το OG, συλλέγει όλα τα δεδομένα και τα μεταδίδει μέσω Wi-Fi σε έναν τοπικό σταθμό συντονισμού εργασιών, χρησιμοποιώντας δύο υφασμάτινες κεραίες και μια ενσωματωμένη πλακέτα υπολογιστή. Σε περίπτωση σοβαρού κινδύνου αποστέλλεται άμεσα συναγερμός στους υπεύθυνους παρέμβασης. [1] Η παρακολούθηση του καρδιοαναπνευστικού συστήματος των παιδιών θεωρείται επίσης υψίστης σημασίας γι αυτό και η ειδική ένδυση για νεογνά και παιδιά βρίσκεται στο στάδιο της ανάπτυξης. [2]

Η εμφάνιση της τεχνολογίας 5G επιτρέπει πιο συστηματική χρήση φορέσιμων αισθητήρων και ενδυμάτων με αισθητήρες τηλεϊατρικής και αθλητικών εφαρμογών, όπως το έξυπνο πουκάμισο Astroskin. [3]

Η τεχνολογία 5G επιτρέπει την ταυτόχρονη συλλογή δεδομένων από πολλαπλούς αισθητήρες και τη δυνατότητα παροχής λύσεων σε μεγάλες ομάδες, χωρίς υποβάθμιση της απόδοσης, χρησιμοποιώντας την αρχιτεκτονική δύο επιπέδων (two-hop architecture) με έναν τυπικό σχεδιασμό για ένα σύστημα τηλεπαρακολούθησης με δυνατότητα 5G. [4] Στην Εικόνα 18.1 παρουσιάζεται σχετική απεικόνιση.



Εικόνα 18.1 Σύστημα τηλεπαρακολούθησης με αρχιτεκτονική δύο επιπέδων για τη μετάδοσης δεδομένων [5]

Οι εύκαμπτες επιδερμικές ηλεκτρικές τεχνολογίες προσφέρουν μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για τα παραδοσιακά υφασμάτινα ηλεκτρόδια, λόγω της υψηλής διαφάνειας και της αντοχής τους στη μηχανική παραμόρφωση [6]. Οι ιδιότητες αυτές τα καθιστούν κατάλληλα για συνεχή και μακροπρόθεσμη παρακολούθηση βασικών φυσιολογικών σημάτων, όπως ο καρδιακός ρυθμός, η παλμική πίεση, η θερμοκρασία, η ροή του αίματος και το οξύγονο του αίματος, κατά τη διάρκεια των καθημερινών δραστηριοτήτων



Ενδύματα με αισθητήρες

Τα ενδύματα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε πέντε τομείς, με βάση τον τομέα χρήσης τους, συμπεριλαμβανομένων των ενδυμάτων για:

- Υγειονομική περίθαλψη: για παρακολούθηση διαταραχών της υγείας.
- Αθλητισμός: για παρακολούθηση αθλητικών επιδόσεων, καθώς και φυσιολογικών δεικτών κατά τη διάρκεια προπόνησης ή αγώνων.
- Φυσική κατάσταση (Fitness): για την εκπαίδευση των απλών πελατών και την καλύτερη κατανόηση της συνολικής ευεξίας τους.
- Κοινωνική: για να βοηθήσει τους χρήστες σε ψυχαγωγικές δραστηριότητες.
Εργασία: για υποστήριξη της απόδοσης και παροχή ασφάλεια και βοήθειας, όταν οι χρήστες εμπλέκονται σε δραστηριότητες στο χώρο εργασίας τους.

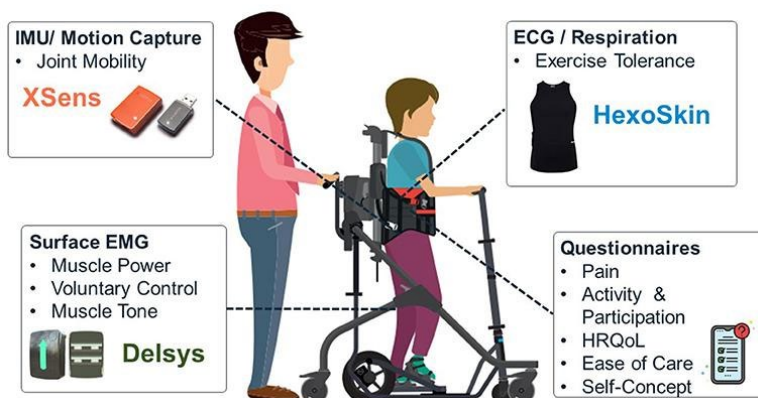
Τα φορέσιμα έξυπνα προϊόντα της αγοράς επικεντρώνονται κυρίως στην υγειονομική περίθαλψη, τον αθλητισμό και τη φυσική κατάσταση, αν και υπάρχουν ορισμένα παραδείγματα εξαρτημάτων με αισθητήρες, τα οποία χρησιμοποιούνται στο κεφάλι και στα κάτω άκρα. Η αρχιτεκτονική του συστήματος περιλαμβάνει υποσυστήματα, όπως η διασύνδεση και το λογισμικό, ο έλεγχος, η επικοινωνία, η τοποθεσία, η ισχύς, η αποθήκευση, η οθόνη, η ανίχνευση και ο ενεργοποιητής. Οι μονάδες αισθητήρων και ενεργοποιητών μπορεί να είναι μη-υφασμάτινες και να είναι ενσωματωμένες στην ηλεκτρονική πλακέτα ή να βασίζονται σε ύφασμα και να συνδέονται με την ηλεκτρονική πλακέτα. [7]

Τα δεδομένα αισθητήρων που έρχονται σε επαφή με το ανθρώπινο σώμα μεταδίδονται σε έναν Προσωπικό Ψηφιακό Βοηθό (PDA) μέσω κόμβων επικοινωνίας μικρής εμβέλειας όπως ANT+, NFC ή Bluetooth. Το PDA, το οποίο διαθέτει αλγόριθμους αποθήκευσης και επεξεργασίας δεδομένων, μπορεί να είναι smartphone, υπολογιστής ή FPGA. Τα δεδομένα μπορούν να σταλούν σε έναν απομακρυσμένο ιατρικό διακομιστή, μέσω άλλου κόμβου σύνδεσης. [8]

Η κλωστοϋφαντουργική τεχνολογία χρησιμοποιείται σε διάφορες κατηγορίες ενδυμάτων, για παράδειγμα στις κατηγορίες υγείας και αθλητισμού/γυμναστικής. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα Hexoskin Smart Garments της Carré Technologies Inc. στο Μόντρεαλ του Καναδά.



Πρόκειται για άνετα ανδρικά, γυναικεία και παιδικά ρούχα με ενσωματωμένους αισθητήρες από ύφασμα για συνεχή και ακριβή παρακολούθηση των καρδιακών, αναπνευστικών σημάτων, καθώς και δεδομένων δραστηριότητας και ύπνου. Ο ηλεκτροκαρδιογράφος αναφέρει μετρήσεις, όπως για τον καρδιακό ρυθμό, τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού, την παρακολούθηση του στρες και εκτίμηση κόπωσης, ενώ μετράται συνεχώς η αναπνοή με αισθητήρες πληθυσμογραφίας αναπνευστικής επαγωγής θώρακα και κοιλίας. Μέσω των ενδυμάτων παρακολουθείται επίσης η ένταση της δραστηριότητας, η μέγιστη επιτάχυνση, τα βήματα, ο ρυθμός, οι θέσεις και ο ύπνος με ένα επιταχυνσιόμετρο 3 αξόνων. [9] Η συσκευή Hexoskin Smart συνίσταται σε ένα εμπορικό μπλουζάκι κατασκευασμένο από υφασμάτινα ηλεκτρόδια, και διαθέτει ένα μονοηλεκτρόδιο ΗΚΓ, αισθητήρες αναπνοής και κίνησης με διάρκεια μπαταρίας πάνω από 36 ώρες και επαναφορτιζόμενη με καλώδιο USB. Το συνοδευτικό γιλέκο είναι κατασκευασμένο από πλεκτό ύφασμα που είναι αντιβακτηριδιακό, παρέχει προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, προστασία από τις οσμές, στεγνώνει γρήγορα, ανθεκτικό σε υγρό περιβάλλον (μπορεί να πλυθεί) και η δομή του «αναπνέει». Η συσκευή Hexoskin μπορεί να συνδεθεί στην εφαρμογή Hexoskin μέσω Bluetooth, επιτρέποντας στον χρήστη να οπτικοποιήσει, να διαχειριστεί και να ερμηνεύσει τα δεδομένα που συλλέγονται. Τα δεδομένα μπορούν επίσης να προβληθούν στον ηλεκτρονικό πίνακα ελέγχου του Hexoskin, ενώ επαγγελματίες υγείας, ερευνητές και τεχνικοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό ανάλυσης VivoSense για εισαγωγή/εξαγωγή δεδομένων, εκτέλεση ομαδικής επεξεργασίας και δημιουργία γραφημάτων κατάλληλων για δημοσίευση. [10]



Εικόνα 18.2 Τομείς ενδιαφέροντος με προτεραιότητα χρήση και επιλεγμένη τεχνολογία αισθητήρων [11]

Το δεύτερο παράδειγμα απεικονίζει την Sensoria, μια εταιρεία που προσφέρει προϊόντα που έχουν σχεδιαστεί για να βοηθήσουν επαγγελματίες και ερασιτέχνες δρομείς στις προπονητικές και αγωνιστικές τους προσπάθειες. Τα διαθέσιμα είδη ένδυσης περιλαμβάνουν έξυπνες κάλτσες, σουτιέν και μπλουζάκια που πλένονται στο πλυντήριο, προσφέρουν άνεση και το ύφασμά τους αναπνέει. Οι κάλτσες είναι εξοπλισμένες με έναν ενσωματωμένο υφασμάτινο αισθητήρα πίεσης που επικοινωνεί με ένα αποσπώμενο και επαναφορτιζόμενο βραχιόλι αστραγάλου, μέσω Bluetooth. Αυτό το βραχιόλι παρακολουθεί τα βήματα του χρήστη, το χρόνο περπατήματος, την απόσταση, την ταχύτητα, τις θερμίδες που καίει, το υψόμετρο, τον ρυθμό και το στυλ προσγείωσης του ποδιού του χρήστη κατά την άσκηση. Το σουτιέν και το μπλουζάκι παρέχουν ακριβή και αξιόπιστη παρακολούθηση του καρδιακού παλμού [12] και λειτουργούν άψογα με το E-modulo sensoria HRM (Heart Rate Monitor: οθόνη καρδιακού ρυθμού), το οποίο έχει διάρκεια ζωής μπαταρίας που υπερβαίνει τους 8 μήνες και συνδέεται μέσω Bluetooth Smart και ANT+ με την εφαρμογή smartphone “Sensoria Run 2.0” και την “Sensoria Virtual Coach”. Αυτά τα εργαλεία προσφέρουν επίσης συμβουλές σε έμπειρους δρομείς σχετικά με τις σωστές στάσεις τρεξίματος **and mechanics** για να τους βοηθήσουν να βελτιώσουν το στυλ τρεξίματός τους.

Το τρίτο παράδειγμα περιλαμβάνει το έξυπνο πουκάμισο που αναπτύχθηκε από την εταιρεία “L.I.F.E. Italia Srl”, η οποία προσφέρει δύο παραλλαγές — μία για



αθλητισμό και μία για ιατρικούς σκοπούς. Το ιατρικό ένδυμα συμπίεσης BWell από την L.I.F.E. Η Italia Srl, (Μιλάνο, Ιταλία), περιλαμβάνει ένα επιταχυνσιόμετρο, πέντε αισθητήρες αναπνοής και δώδεκα ξηρά ηλεκτρόδια με βάση το μελάνι για παρακολούθηση ΗΚΓ. Τα ηλεκτρόδια είναι σχεδιασμένα με ένα συγκολλητικό στρώμα, ένα αγωγίμο στρώμα μελάνης, ένα συνδετικό στρώμα, ένα στρώμα διαλύτη, ένα στρώμα πάχυνσης και μια περιοχή, με κεκλιμένο επίπεδο, μεταξύ του συγκολλητικού και του αγωγίμου στρώματος μελανιού. Η μπροστινή επιφάνεια του ενδύματος φιλοξενεί τους πέντε αισθητήρες αναπνοής, οι οποίοι είναι κατασκευασμένοι από μια ελαστική κορδέλα εμποτισμένη με αγωγίμο μελάνι, ηλεκτρικούς συνδετήρες σε κάθε άκρο και ένα υφασμάτινο κάλυμμα συμπίεσης. Από την άλλη, η αθλητική έκδοση “Performer Wearware” από την L.I.F.E. Italia Srl, (Μιλάνο, Ιταλία), εστιάζει στην παρακολούθηση απόδοσης και διαθέτει δύο καλώδια ΗΚΓ, δύο περιφερειακούς αισθητήρες αναπνοής και δέκα επιταχυνσιόμετρα. Αυτή η έκδοση περιλαμβάνει πουκάμισο και σορτς, που παρακολουθεί την κίνηση των μερών του χρήστη. [13]

Clinically proven to be on par or better than in-house
gait labs

Can Gather gait information pre and post TKA, THA,
ACL and MCL Surgery

White label available

Weight bearing analysis

Haptic moto provides user feedback



Balance and fall detection

Real time data shared with users and clinicians

HIPAA compliant cloud storage

Potential for Remote Patient Monitoring and Remote
Therapeutic Monitoring

Εικόνα 18.3 Κάλτσες Sensoria Smart [12]



Εικόνα 18.4. (α) Μπροστινή και (β)οπίσθια όψη του ιατρικού συμπιεστικού ενδύματος L.I.F.E. (BWell). Η πίσω όψη (δεξιά) δείχνει που τοποθετείται το βύσμα όταν φοριέται το ένδυμα. Και οι δύο προβολές δείχνουν ένα κάλυμμα για την εκτέλεση ΗΕΓ, το οποίο είναι αυτή τη στιγμή στο στάδιο της ανάπτυξης από την εταιρεία. (γ) Ένα παράδειγμα εφαρμογής του BWell όταν φοριέται. (δ) Πίνακας ελέγχου οπτικοποίησης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Το σχήμα προσαρμόστηκε από τον ιστότοπο της εταιρείας που παράγει το ένδυμα. [13]

Αναφορές

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 biomonitoring 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/>



Κεφάλαιο 19: Οικολογικός σχεδιασμός για αισθητήρες, μπαταρίες και ενεργοποιητές

Michail Delagrammatikas, CRETHIDEV, Greece

Περίληψη

Με την υιοθέτηση του οικολογικού σχεδιασμού σε έξυπνες φορητές συσκευές, φορητούς αισθητήρες και σε μέσα ατομικής προστασίας μπορούν να μειωθούν αποτελεσματικά οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να μετριάστούν οι προκλήσεις κατά την απόρριψη στο τέλος της λειτουργικής ζωής τους, στο πλαίσιο μιας κυκλικής οικονομίας. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα εξηγηθούν συνοπτικά οι κύριες πτυχές του οικολογικού σχεδιασμού. Εξετάζονται συγκεκριμένα βασικά σημεία που εστιάζουν στον οικολογικό σχεδιασμό για φορητούς αισθητήρες, μπαταρίες (και άλλες συσκευές αποθήκευσης ενέργειας) και ενεργοποιητές.

Εισαγωγή

Η προσέγγιση ενός οικολογικού σχεδιασμού για αισθητήρες, μπαταρίες και ενεργοποιητές φορητών συσκευών στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ολόκληρου του κύκλου λειτουργικής ζωής των προϊόντων, από την προέλευση των πρώτων υλών έως την απόρριψη. Ο οικολογικός σχεδιασμός φορητών αισθητήρων, μπαταριών και ενεργοποιητών περιλαμβάνει την εξέταση ορισμένων βασικών σημείων, τα οποία περιλαμβάνουν την επιλογή των υλικών, την ενεργειακή απόδοση σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής, την εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την ανθεκτικότητα και την μεγάλη διάρκεια ζωής του προϊόντος, την ελαχιστοποίηση της συσκευασίας, την αξιολόγηση του κύκλου ζωής και το σχεδιασμό τρόπων απόρριψης στο τέλος του κύκλου ζωής των προϊόντων.

Ο οικολογικός σχεδιασμός φορητών αισθητήρων, μπαταριών και ενεργοποιητών θα πρέπει να βασίζεται σε μια ολιστική προσέγγιση που μπορεί να δημιουργήσει προϊόντα που ελαχιστοποιούν τις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και επιτυγχάνουν υψηλές επιδόσεις, ενώ παράλληλα προωθούν ένα μοντέλο κυκλικής οικονομίας.



Επιλογή Υλικών

Η επιλογή του υλικού είναι ένα από τα πιο σημαντικά βήματα στον οικολογικό σχεδιασμό, καθώς πολλά υλικά που χρησιμοποιούνται σε αισθητήρες, μπαταρίες και ενεργοποιητές ενδέχεται να έχουν σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι σχεδιαστές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα των επιλεγμένων υλικών, συμπεριλαμβανομένων:

- Εξόρυξη και επεξεργασία, που μπορεί να συνεπάγεται υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος και καταστροφή οικοσυστημάτων, απελευθέρωση τοξικών ουσιών και απειλή για τη βιοποικιλότητα, υπερβολική χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και εκπομπές αερίων θερμοκηπίου.
- Μεταφορική και εφοδιαστική αλυσίδα, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει μεγάλο αποτύπωμα άνθρακα που θα μπορούσε να αποφευχθεί εάν χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές, τοπικές ή ανιχνεύσιμες πρώτες ύλες.
- Τοξικότητα των υλικών. Πρέπει να επιλέγονται μη τοξικά υλικά. Οι μπαταρίες που βασίζονται σε βαρέα μέταλλα, όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και το κάδμιο, θα πρέπει να αποφεύγονται υπέρ πιο φιλικών προς το περιβάλλον λύσεων αποθήκευσης ενέργειας.
- Η χρήση ανακυκλωμένων, ανακυκλώσιμων και βιοαποδομήσιμων υλικών μπορεί να μειώσει αποτελεσματικά τους περιβαλλοντικούς κινδύνους που σχετίζονται με την παραγωγή πρώτων υλών και την απόρριψη στο τέλος της λειτουργικής ζωής τους.

Κυκλικός σχεδιασμός και αξιολόγηση κύκλου ζωής

Εκτός από τη χρήση βιώσιμων και φιλικών προς το περιβάλλον υλικών, είναι εξίσου σημαντικός ο σχεδιασμός των προϊόντων, των αισθητήρων, των μπαταριών και των ενεργοποιητών, καθώς και των φορετών συσκευών (ρούχα, παπούτσια, αξεσουάρ, μέσα ατομικής προστασίας κ.λπ.) λαμβάνοντας υπόψη τους ολόκληρο τον κύκλο ζωής, πιθανή επαναχρησιμοποίηση και απόρριψη στο τέλος του κύκλου ζωής. Ο κυκλικός σχεδιασμός στοχεύει στη δημιουργία προϊόντων που δεν θα παράγουν απόβλητα κατά την κατασκευή ή μετά τη χρήση. Μερικές βασικές κατευθύνσεις προς τους σχεδιαστές είναι οι εξής:



- Σχεδιάστε προϊόντα που μπορούν εύκολα να συναρμολογηθούν και να αποσυναρμολογηθούν. Αυτό επιτρέπει σε εξαρτήματα όπως αισθητήρες, συσκευές αποθήκευσης ενέργειας και ενεργοποιητές να επαναχρησιμοποιηθούν εάν το φορετό αξεσουάρ υποστεί φθορά. Επιτρέπει επίσης τον διαχωρισμό των ανακυκλώσιμων υλικών σε διαφορετικές ροές ανακύκλωσης.
- Παρέχετε πληροφορίες σχετικά με τα υλικά και τον τρόπο χειρισμού τους στο τέλος του κύκλου ζωής τους. Οι σαφείς οδηγίες και κατευθύνσεις για τους χρήστες είναι πολύ σημαντικές για την επίτευξη των στόχων κυκλικού σχεδιασμού. Πραγματοποιήστε αξιολόγηση του κύκλου ζωής μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού, χρησιμοποιήστε ανιχνεύσιμες πρώτες ύλες.
- Χρησιμοποιήστε ανθεκτικό υλικό και τεχνικές κατασκευής υψηλής ποιότητας για να παρατείνετε τη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Προσπαθήστε να αποφύγετε τη χρήση υλικών που έχουν σημαντικά μικρότερη διάρκεια ζωής από το υπόλοιπο προϊόν, εκτός εάν πρόκειται για ανταλλακτικά.

Ενεργειακή απόδοση και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Σχεδιάστε φορητές συσκευές έχοντας κατά νου τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού και της διάρκειας ζωής του προϊόντος. Η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας μπορεί να περιλαμβάνει τη χρήση εξαρτημάτων χαμηλής κατανάλωσης, τη βελτιστοποίηση των κυκλωμάτων και την εφαρμογή τεχνικών διαχείρισης ενέργειας. Χρησιμοποιήστε επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ή άλλες συσκευές αποθήκευσης ενέργειας, όπως υπερπυκνωτές. Προτιμήστε τη συλλογή ενέργειας από τη φόρτιση μέσω του ηλεκτρικού δικτύου. Οι φορητές συσκευές συλλογής ενέργειας μπορεί να βασίζονται σε φωτοβολταϊκά (PV), πιεζοηλεκτρικές γεννήτριες (PEG), τριβοηλεκτρικές νανογεννήτριες (TENG), θερμοηλεκτρικές γεννήτριες (TEG), συλλογή κινητικής ενέργειας από μαγνήτες, συλλογή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από κεραίες κ.λπ.



Οικολογικός σχεδιασμός φορετών αισθητήρων

Οι ειδικές προβλέψεις αναφορικά με τον οικολογικό σχεδιασμό των φορετών αισθητήρων θα πρέπει να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα σημεία:

- Μείωση μεγέθους και βάρους: Οι συμπαγείς και ελαφροί αισθητήρες μειώνουν τόσο την κατανάλωση υλικού όσο και τις ενεργειακές απαιτήσεις. Επίσης είναι πιο άνετοι και πιο εύκολα ενσωματώσιμοι.
- Προτιμήστε τους παθητικούς έναντι των ενεργών αισθητήρων: Σε περίπτωση χρήσης ενεργών αισθητήρων, θα πρέπει να προτιμάται ο σχεδιασμός για την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας και τη συλλογή ενέργειας έναντι της εξωτερικής φόρτισης.
- Χρησιμοποιήστε εύκαμπτα υποστρώματα: Τα εύκαμπτα υποστρώματα επιτρέπουν την άνετη ενσωμάτωση με ρούχα ή αξεσουάρ, καθιστώντας το προϊόν πιο πιθανό να χρησιμοποιηθεί. Η καλύτερη εργονομία ενθαρρύνει τη μακροχρόνια χρήση και ελαχιστοποιεί τη σπατάλη από αισθητήρες που έχουν απορριφθεί πρόωρα.
- Σχεδιασμός για εύκολη αποσυναρμολόγηση, επισκευή και διαχείριση του τέλους ζωής: Η εύκολη αποσυναρμολόγηση και επισκευή φορητών αισθητήρων θα παρατείνει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Οι αρθρωτοί σχεδιασμοί που επιτρέπουν την αντικατάσταση μεμονωμένων εξαρτημάτων θα μειώσουν τα απόβλητα, θα προάγουν τη δυνατότητα επισκευής, θα προωθήσουν την ανακύκλωση και θα διευκολύνουν την επαναχρησιμοποίηση των αισθητήρων.

Οικολογικός σχεδιασμός φορετών μπαταριών, συσκευών αποθήκευσης και συλλογής ενέργειας

Οι ειδικές προβλέψεις αναφορικά με τον οικολογικό σχεδιασμό των συσκευών αποθήκευσης και συλλογής ενέργειας θα πρέπει να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα σημεία:

- Η επιλογή μη τοξικού υλικού: Θα πρέπει να αποφεύγονται επικίνδυνα βαρέα μέταλλα όπως ο μόλυβδος, ο υδράργυρος και το κάδμιο. Προσοχή πρέπει επίσης να δοθεί στα νανοϋλικά τα οποία εάν διαφύγουν από τη μήτρα τους γίνονται τοξικά καθώς μπορούν να διεισδύσουν στους βιολογικούς ιστούς.



- Η βελτιστοποίηση της ενεργειακής πυκνότητας και της απόδοσης θα επιτρέψει τη μεγιστοποίηση της χωρητικότητας, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα το μέγεθος και το βάρος της μπαταρίας. Η ενεργειακή απόδοση ενισχύεται με τη μείωση των απωλειών ενέργειας λόγω της αντίστασης και των ρυθμών αυτοεκφόρτισης.
- Χρησιμοποιήστε επαναφορτιζόμενες συσκευές αποθήκευσης ενέργειας σε συνδυασμό με συσκευές συλλογής ενέργειας: Οι ανάγκες κατανάλωσης ενέργειας και ενέργειας των ενσωματωμένων αισθητήρων ή ενεργοποιητών μπορούν να επωφεληθούν από την ενέργεια που παράγεται από την κίνηση και τη θερμότητα του σώματος του χρήστη που φοριέται. Οι τεχνολογίες συλλογής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη φόρτιση μπαταριών, όταν η ενέργεια πρέπει να αποθηκευτεί για μεγαλύτερες περιόδους, ή υπερπυκνωτές όταν οι συσκευές απαιτούν γρήγορη παράδοση της ενέργειας.
- Η διάρκεια ζωής μπαταριών και υπεραγωγών: Μια άλλη σκέψη για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου αποθήκευσης/φόρτισης ενέργειας/ενεργού αισθητήρα ή συστήματος ενεργοποιητή είναι η διαχείριση της αποθήκευσης ενέργειας και η βελτιστοποίηση των κύκλων φόρτισης/εκφόρτισης σύμφωνα με τις ενεργειακές ανάγκες και τις ανάγκες κατανάλωσης ισχύος, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερφόρτιση ή η υπερεκφόρτιση, που μπορεί να μειώσει τη διάρκεια ζωής της συσκευής αποθήκευσης ενέργειας.
- Σχεδιασμός αρθρωτών συσκευών αποθήκευσης ενέργειας: Μια προσέγγιση αρθρωτού σχεδιασμού για την αντικατάσταση μεμονωμένων κυψελών ή μονάδων, που προάγει τη δυνατότητα επισκευής.
- Απόρριψη και ανακύκλωση στο τέλος του κύκλου ζωής: Οι μπαταρίες μπορεί να περιλαμβάνουν τοξικά υλικά όπως βαρέα μέταλλα ή υλικά με πολύ βαρύ περιβαλλοντικό αποτύπωμα όπως το λίθιο. Οι υπερπυκνωτές παράγουν επίσης τοξικά απόβλητα, επομένως είναι επιτακτική ανάγκη να μπορούν εύκολα να διαχωριστούν και να ανακυκλωθούν σε συγκεκριμένες ροές που υπάρχουν για μπαταρίες και ηλεκτρονικά.



Οικολογικός σχεδιασμός φορετών ενεργοποιητών

Οι ειδικές προβλέψεις αναφορικά με τον οικολογικό σχεδιασμό φορετών ενεργοποιητών θα πρέπει να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα σημεία:

- Εστίαση στην ενεργειακή απόδοση: Η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των φορετών ενεργοποιητών θα πρέπει να ελαχιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας και να παρατείνει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Συνιστάται η χρήση αποδοτικών σχεδίων κινητήρα και αλγορίθμων ελέγχου που μειώνουν τη σπατάλη ενέργειας.
- Συμπαγής, ελαφρύς και επισκευάσιμος σχεδιασμός: Οι συμπαγείς και ελαφροί ενεργοποιητές μειώνουν τη χρήση υλικών και τις απαιτήσεις ενέργειας, ενώ επιτρέπουν την ευκολότερη ενσωμάτωση στο φορετό εξοπλισμό. Ο αρθρωτός σχεδιασμός καθιστά τα εξαρτήματα εύκολα επισκευάσιμα και αντικαταστάσιμα, ενώ μειώνει τα απόβλητα και παρατείνει τη διάρκεια ζωής.
- Σχεδιασμός προσανατολισμένος στον χρήστη: Οι ενεργοποιητές θα πρέπει να σχεδιάζονται για να ανταποκρίνονται στις διαφορετικές ανάγκες διαφορετικών χρηστών, έτσι ώστε να ενθαρρύνεται η χρήση και να αποφεύγεται η πιθανότητα πρόωρης απόρριψης ή ανεπαρκούς χρήσης των φορετών συσκευών.
- Απόρριψη και ανακύκλωση: Όπως συμβαίνει με τους αισθητήρες και τις συσκευές αποθήκευσης ενέργειας, ο ειδικός σχεδιασμός για την ανακύκλωση στο τέλος του κύκλου ζωής των φορητών ενεργοποιητών σε συγκεκριμένες ροές ή το συγκεκριμένο σχέδιο επαναχρησιμοποίησης θα πρέπει να αποτελεί κεντρικό σημείο.

Συμπεράσματα

Οι βασικές αρχές του οικολογικού σχεδιασμού φορητών αισθητήρων, ενεργοποιητών και συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας περιλαμβάνουν:

(i) την επιλογή μη τοξικών, επαναχρησιμοποιήσιμων και ανακυκλώσιμων πρώτων υλών και ενός συνολικού σχεδιασμού που θα επιτρέψει την αποσυναρμολόγηση στο τέλος του κύκλου ζωής τους και τη βιώσιμη διαχείριση των απορριμμάτων.

(ii) συστήματα που προσφέρουν ενεργειακή απόδοση.

(iii) τεχνολογίες που εγγυώνται μεγάλη διάρκεια ζωής και εύκολη επισκευή.



(iv) ρυθμιζόμενα χαρακτηριστικά που καθορίζονται από τον χρήστη που θα επέτρεπαν την άνετη ενσωμάτωση σε ενδύματα και μέσα ατομικής προστασίας.

Αναφορές

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 Turco 2021, 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.



Κεφάλαιο 20: Συν-σχεδιασμός έξυπνων αισθητήρων και ενσωμάτωση σε μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) για χημικούς και βιολογικούς κινδύνους

Olga Papadopoulou, CRETHIDEV, Greece

Περίληψη

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει τις θεμελιώδεις πτυχές που εμπλέκονται στον συν-σχεδιασμό έξυπνων αισθητήρων υψηλής επιλεκτικότητας, οι οποίοι είναι προσαρμοσμένοι σε μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) και χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση χημικών και βιολογικών κινδύνων σε διαφορετικά περιβάλλοντα εργασίας. Έχουν περιγραφεί διάφοροι τύποι χημικών και βιολογικών αισθητήρων για ΜΑΠ (μάσκες προσώπου, αναπνευστήρες, γάντια και ρουχισμό), προκειμένου να τονιστεί η τεχνολογική πρόοδος, τα κριτήρια επιλογής και αξιολόγησης και οι δυνατότητες συγκεκριμένων κατηγοριών λειτουργικών υλικών και τεχνικών ανίχνευσης.

Εισαγωγή

Ο συν-σχεδιασμός έξυπνων αισθητήρων ενσωματωμένων σε μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) εκμεταλλεύεται την ταχεία ανάπτυξη της μηχανικής υλικών, καθώς και του διαδικτύου των πραγμάτων, των υπολογιστών, των αλγορίθμων, της νοημοσύνης περιβάλλοντος, της μηχανικής μάθησης και της τεχνητής νοημοσύνης [1, 2]. Οι καινοτομίες που εισάγονται στα ΜΑΠ ενισχύουν τις συνθήκες ασφάλειας και υγείας για πολλές κατηγορίες εργαζομένων που αντιμετωπίζουν κινδύνους για την υγεία και τη ζωή στην καθημερινή τους εργασία. Οι επαγγελματίες που απασχολούνται στον κατασκευαστικό τομέα της βαριάς και ελαφριάς βιομηχανίας, στον τομέα της χημικής, φαρμακευτικής και βιοτεχνολογικής έρευνας και βιομηχανίας, στον αγροδιατροφικό και ιατρικό τομέα, στον τομέα της ασφάλειας και στην ιατροδικαστική είναι ορισμένες ενδεικτικές κατηγορίες έξυπνων τελικών χρηστών ΜΑΠ με ιδιαίτερη ανάγκη για τεχνολογίες ανίχνευσης που θα τους προστατεύουν έναντι χημικών και βιολογικών κινδύνων. Εκτός από φορητές συσκευές ανίχνευσης, ρούχα, μάσκες προσώπου και γάντια με έξυπνους αισθητήρες έχουν σχεδιαστεί για να καλύπτουν τις ιδιαίτερες ανάγκες των εξειδικευμένων χρηστών.



Βασικές ιδέες σχεδίασης

Έρευνες με χρήση ερωτηματολογίων που απευθύνονται τόσο σε συγκεκριμένες ομάδες επαγγελματιών (π.χ. πυροσβέστες, μεταλλωρύχους, προσωπικό υγειονομικής περίθαλψης) όσο και σε εμπειρογνώμονες ασφάλειας ή εξωτερικούς αξιολογητές που γνωρίζουν τις πιο πρόσφατες τεχνολογίες, υπογραμμίζουν τις ανάγκες που πρέπει να ληφθούν υπόψη από τους σχεδιαστές ΜΑΠ και επίσης εξυπηρετούν σκοπούς αξιολόγησης κατά τις εργαστηριακές δοκιμές των προϊόντων και τις δοκιμές στο πεδίο [3].

Ειδικά επιλεγμένα, εύκαμπτα και με ευαισθησία ως προς την απόκριση υλικά, μπορούν να παρέχουν λειτουργικότητες σε ΜΑΠ – όπως μηχανικές, θερμικές, ηλεκτρικές, οπτικές, χημικές, βιολογικές και προστασία από ακτινοβολίες [4, 5]. Στην περίπτωση των χημικών και βιολογικών αισθητήρων, οι κίνδυνοι στο χώρο εργασίας που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι χημικές και τοξικές ουσίες (στερεά, υγρά, αέρια), ρυπαντές με τη μορφή σωματιδίων, βιολογικά υγρά, παθογόνοι μικροοργανισμοί και τοξίνες. Η τεχνολογία ενσωμάτωσης αισθητήρων στα ΜΑΠ είναι ένα σημαντικό βήμα προς την ανάπτυξη του προϊόντος, που περιλαμβάνει προηγμένες κλωστοϋφαντουργικές επεξεργασίες και διαδικασίες παραγωγής. Η παροχή και αποθήκευση ενέργειας σε αυτοτροφοδοτούμενους έξυπνους αισθητήρες είναι ίσως η πιο απαιτητική πτυχή του σχεδιασμού [6]. Αυτά τα συστήματα θα πρέπει να παρουσιάζουν συμβατότητα με τα επιλεγμένα κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα και τα υλικά των αισθητήρων και να παρέχουν επαρκή αυτονομία. Άλλα σημαντικά κριτήρια σχεδιασμού που αναφέρονται από τους Basodan et al [3] είναι η εργονομία, καθώς και η εμπειρία, η διεπαφή και η αλληλεπίδραση των χρηστών και η διευκόλυνση της σύνδεσης και της επικοινωνίας με ένα έξυπνο περιβάλλον εργασίας. Οι συγγραφείς έχουν κάνει επισκόπηση πολλών συστημάτων έξυπνων αισθητήρων - μαζί με τον τεχνολογικό σχεδιασμό τους – που υπάρχουν στη βιβλιογραφία.

Η απόδοση των σχεδιασμένων αισθητήρων αξιολογείται ως προς την επιλεκτικότητα, την εγκυρότητα και την ακρίβεια ανίχνευσης εντός καθορισμένων ορίων και φυσικά αναμένεται να προσφέρει ικανοποιητική επαναληψιμότητα [6].

Εφαρμογές και χαρακτηριστικά έξυπνων χημικών αισθητήρων

Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι τύποι χημικών αισθητήρων είναι μικροσκοπικά οπτικά, ηλεκτροχημικά, ευαίσθητα στη μάζα, ηλεκτρικά, παραμαγνητικά συστήματα ανίχνευσης και παρακολούθησης ενσωματωμένα ή προσαρτημένα σε ΜΑΠ. Πολλαπλές υποδιαιρέσεις αυτών των κατηγοριών μπορούν να βρεθούν στη βιβλιογραφία, καθεμία από τις οποίες σχετίζεται με την αρχή ενός φυσικού/χημικού φαινομένου ή μεταβολής μιας φυσικοχημικής/ηλεκτρικής ιδιότητας που μετράται με μια συγκεκριμένη τεχνική [6]. Ηλεκτρικά κυκλώματα, ηλεκτρικές μικροσυσκευές με συλλέκτη ενέργειας και φίλτρα με



πιεζοηλεκτρικές ή τριβογεννήτριες χρησιμοποιούνται συχνά για την ανίχνευση τοξικών αερίων και πτητικών οργανικών ενώσεων (CO , CO_2 , H_2S , SO_2 , NO_x , NH_3 , HCN , ακετόνη, μεθανόλη, αιθανόλη κ.λπ.) ή σωματιδίων. Τα νανοσωματίδια άνθρακα, Zn και το γραφένιο είναι τυπικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την απορρόφηση αερίων και ατμών και μπορούν να υποστηρίξουν τον σχεδιασμό ως ειδικοί αισθητήρες αερίου για έξυπνες μάσκες προσώπου και αναπνευστήρες [4].

Οι αισθητήρες που είναι ενσωματωμένοι σε γάντια διευκολύνουν τη δειγματοληψία από διάφορες επιφάνειες και δίνουν γρήγορα αποτελέσματα είτε με οπτικές ενδείξεις είτε μετά από *in situ* αναλύσεις με συσκευές χειρός ή με φορητές συσκευές. ~~Οι οπτικοί αισθητήρες βασίζονται συχνά σε φαινόμενα φθορισμού ή σκέδασης Raman.~~ Τα δείγματα που συνδέονται με ηλεκτροχημικούς αισθητήρες – που λειτουργούν ως ηλεκτρόδιο εργασίας – συνδέονται με διάταξη τριών ηλεκτροδίων και μικροσκοπικό ποτενσιοστάτη, παρέχοντας βολταμογράμματα. Τόσο οπτικοί όσο και ηλεκτροχημικοί αισθητήρες σε γάντια έχουν αναπτυχθεί για την ανίχνευση τοξικών χημικών ουσιών (όπως φαιντανύλη και τριφλουραλίνη) και φυτοφαρμάκων σε επιφάνειες λαχανικών και φρούτων. Οι ειδικά σχεδιασμένες υδρόφιλα συγκολλητικές ουσίες στα άκρα των δακτύλων των γαντιών με χρωματικούς δείκτες είναι ικανές να βοηθούν στην ανίχνευση ιχνοστοιχείων Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{6+} σε δείγματα νερού [2]. Οι Kazemi et al. [7] έχουν σχεδιάσει ένα φορητό σύστημα ανίχνευσης για την ανίχνευση επικίνδυνων σταγονιδίων υδατικού χημικού διαλύματος σε ΜΑΠ. Ο αισθητήρας αποτελείται από μια κεραία συνδεδεμένη σε υδρόφοβο ύφασμα και μια μονάδα απομακρυσμένης παρακολούθησης. Οι συγγραφείς τονίζουν ότι, μετά από κατάλληλες τροποποιήσεις, αυτή η αρχή ανίχνευσης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση και άλλων επικίνδυνων στερεών, υγρών και αερίων χημικών ουσιών. Ένα ευρύ φάσμα παρόμοιων συστημάτων αισθητήρων για γάντια, τα χαρακτηριστικά τους, οι εφαρμογές και τις μελλοντικές προοπτικές τους έχουν περιγραφεί από τους Tsong et al. [2]. Οι τεχνολογικές εξελίξεις της παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας σε έξυπνους χημικούς αισθητήρες έχουν ανασκοπηθεί από τους Aaryashree et al. [6]. Χημικοί αισθητήρες ηλεκτρικά αυτόνομων φορητών συσκευών συλλέγουν και μετατρέπουν ενέργεια με διάφορες μεθόδους, συμπεριλαμβανομένων μπαταριών και υπερπυκνωτών, ηλιακών κυψελών, πιεζοηλεκτρικών και τριβοηλεκτρικών γεννητριών, συλλεκτών θερμικής ενέργειας κ.λπ. Η αποθηκευμένη ενέργεια χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του αισθητήρα και άλλων συνδεδεμένων συστημάτων, όπως τα συστήματα ελέγχου και επικοινωνίας.



Εφαρμογές και χαρακτηριστικά έξυπνων βιολογικών αισθητήρων

Η απλούστερη εφαρμογή αντιμικροβιακής προστασίας για ΜΑΠ είναι τα πολυμερή υλικά επιστρώσεων και ινών είτε με νανοσωματίδια Ag είτε με μακρομόρια αζώτου-αλογόνου (όπως η Ν- αλαμίνη), που απολυμαίνουν τις εκτεθειμένες επιφάνειες ΜΑΠ. Οι Shi et al. σε εργασία επισκόπησης [4] έχουν συμπεριλάβει επίσης ανταποκρινόμενα λειτουργικά υλικά που είναι ικανά να παράγουν δραστικά είδη οξυγόνου που καταστρέφουν ή απενεργοποιούν παθογόνους μικροοργανισμούς. Μια ενδιαφέρουσα υιοθέτηση αυτού του τύπου φίλτρου, που παρουσιάστηκε στην περίοδο της πανδημίας COVID-19, χρησιμοποιεί νανოსύρματα TiO_2 , η δραστηριότητα των οποίων καταλύεται από το ορατό φως [8]. Ο αισθητήρας μπορεί να ενσωματωθεί για την παραγωγή επαναχρησιμοποιούμενων προστατευτικών масκών προσώπου.

Βιολογικοί έξυπνοι αισθητήρες υψηλής επιλεκτικότητας ενσωματωμένοι σε ΜΑΠ, επιτρέπουν την παρακολούθηση της εξέλιξης της νόσου και, κυρίως, την έκθεση σε βιολογικούς κινδύνους [9]. Οι κύριες κατηγορίες βιολογικών κινδύνων είναι: ιοί, βακτήρια και τοξίνες. Αναλόγως με τον τύπο του κινδύνου, ο σχεδιασμός των βιολογικών έξυπνων αισθητήρων εφαρμόζει τεχνικές όπως οι ενζυμικές ανοσοπροσροφητικές δοκιμασίες (ELISA) και η αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR), που επιτρέπουν τον έλεγχο συγκεκριμένων παθογόνων. Ηλεκτροχημικοί έξυπνοι αισθητήρες σε γάντια έχουν αναπτυχθεί για τη γρήγορη ανίχνευση μικροοργανισμών όπως η *Pseudomonas aeruginosa*, ενώ οπτικοί αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύσουν βακτήρια όπως η *Escherichia coli* [2]. Οι Nguyen et al. [9] ανέπτυξαν ένα βιολογικό σύστημα ανίχνευσης - κατάλληλο για φορετές συσκευές - για την ανίχνευση νουκλεϊκών οξέων που σχετίζονται με συγκεκριμένα παθογόνα, καθώς και μεταβολιτών. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιήθηκε για το σχεδιασμό ενός αισθητήρα SARS-CoV-2 ενσωματωμένου σε μάσκες προσώπου που ανιχνεύει τον ιό στα εκπνεόμενα αερολύματα.

Συμπεράσματα

Η σχεδιαστική προσέγγιση για ένα συγκεκριμένο σύστημα ανίχνευσης ενσωματωμένο σε ΜΑΠ εξαρτάται τόσο από τον τύπο του κινδύνου που αντιμετωπίζεται όσο και από τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος εργασίας και τα πρότυπα ασφαλείας. Το τελικό προϊόν πρέπει να είναι άνετο και προσαρμοσμένο στις ανάγκες των μεμονωμένων εργαζομένων και να προσφέρει γρήγορη και ακριβή ανίχνευση. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτούνται πολλά βήματα: Έρευνες με ερωτηματολόγια πριν από το σχεδιασμό και κατά την αξιολόγηση της απόδοσης, επιλογή κατάλληλων υλικών αισθητήρων που είναι συμβατά με κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα υποστρώματος ΜΑΠ και μεθόδων ολοκλήρωσης, καθώς και ενσωμάτωση αποτελεσματικών συστημάτων παραγωγής ενέργειας. Για την



ανάπτυξη των τελικών εμπορικών προϊόντων απαιτούνται διάφορα στάδια εκτεταμένων εργαστηριακών και επιτόπιων δοκιμών. Η μαζική παραγωγή εξαιρετικά επιλεκτικών χημικών και βιολογικών αισθητήρων είναι εφικτή για διάφορους τύπους κινδύνων και πολλά νέα πολλά υποσχόμενα συστήματα ανίχνευσης έχουν αναπτυχθεί σε εργαστηριακή κλίμακα και βρίσκονται σε πειραματική φάση τα τελευταία τρία χρόνια. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή βιολογικών έξυπνων αισθητήρων για ΜΑΠ θεωρείται γενικά πιο απαιτητική και ήταν λιγότερο προηγμένη πριν από το ξέσπασμα της πανδημίας COVID-19.

Αναφορές

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/acsami.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.



Κεφάλαιο 21: Παραγωγή έξυπνων αισθητήρων και ενεργοποιητών με επίκεντρο τον τελικό χρήστη

Olga Papadopoulou, CRETHIDEV, Greece

Περίληψη

Περιγράφονται οι βασικές αρχές σχεδιασμού με επίκεντρο τον τελικό χρήστη, αισθητήρων και ενεργοποιητών σε μέσα ατομικής προστασίας (ΜΑΠ) μαζί με την προηγμένη κουλτούρα ασφάλειας στο χώρο εργασίας και τη διαχείριση κινδύνου. Τονίζονται οι προοπτικές ολοκλήρωσης σε περιβάλλοντα διάχυτης νοημοσύνης και τα προβλήματα που συνδέονται με πολύπλοκες και λιγότερο ανεπτυγμένες τεχνολογίες παραγωγής.

Εισαγωγή

Η εμφάνιση και η εξέλιξη των τεχνολογιών έξυπνων αισθητήρων και ενεργοποιητών, η παραγωγή πρωτοτύπων έξυπνων ΜΑΠ και ο σχεδιασμός προηγμένων υπολογιστικών συστημάτων παρακολούθησης και συστημάτων ενσωμάτωσης ήταν αξιοσημείωτες τα τελευταία χρόνια. Από την άλλη πλευρά, οι διαδικασίες βιομηχανικής παραγωγής που βασίζονται σε μια προσέγγιση με επίκεντρο τον τελικό χρήστη δεν είναι ακόμη καλά εδραιωμένες και η σχετική επιστημονική και τεχνική βιβλιογραφία είναι περιορισμένη. Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει συνοπτικά τις κατευθυντήριες γραμμές βάσει των οποίων θα πρέπει να αναπτυχθούν οι τεχνολογίες παραγωγής φορετών εξαρτημάτων και τα αναμενόμενα χαρακτηριστικά εξατομικευμένων έξυπνων ΜΑΠ σε ένα πλαίσιο έξυπνου εργασιακού περιβάλλοντος.

Προκλήσεις στην παραγωγή έξυπνων εξαρτημάτων ΜΑΠ με επίκεντρο τον τελικό χρήστη

Όπως έχει ήδη περιγραφεί σε προηγούμενα κεφάλαια, ο σχεδιασμός όλων των τύπων έξυπνων αισθητήρων για ΜΑΠ θα πρέπει πρωτίστως να βασίζεται στις απαιτήσεις επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας και στις συνθήκες εργασιακού περιβάλλοντος των επαγγελματιών ομάδων που θεωρούνται οι τελικοί χρήστες.

Επιπλέον, μια σχεδίαση με επίκεντρο τον τελικό χρήστη αναμένεται να επιτυγχάνει άνεση (μέσω προσαρμοσμένης εργονομίας), να επιτρέπει προσαρμοσμένες ρυθμίσεις με βάση τις προσωπικές ανάγκες, τις προτιμήσεις και τον πραγματικό κίνδυνο έκθεσης και να διευκολύνει τη διαδραστική επικοινωνία με τα συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου.



Η πανδημία COVID-19 έχει επιταχύνει την πρόοδο στα έξυπνα ΜΑΠ για τους εργαζόμενους στον τομέα της υγείας. Οι Manchanda et al. [1] με τη δουλειά τους παρέχουν ένα παράδειγμα ρυθμιζόμενου με αισθητήρα ΜΑΠ που προορίζεται για μεμονωμένους χρήστες. Υλοποιήθηκε η κατασκευή μίας μάσκας προσώπου με επίκεντρο τον τελικό χρήστη, χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό τεχνολογιών τρισδιάστατης εκτύπωσης και εργαλείων ανίχνευσης διαδικτύου των πραγμάτων (IoT).

Η ενσωμάτωση αισθητήρων και ενεργοποιητών με επίκεντρο τον τελικό χρήστη σε περιβάλλοντα διάχυτης νοημοσύνης είναι το επόμενο βήμα προς ένα έξυπνο περιβάλλον εργασίας. Αξίζει να αναφερθούν ενδεικτικά παραδείγματα υπολογιστικών συστημάτων και δικτύων που έχουν σχεδιαστεί για την παρακολούθηση δεδομένων που μεταδίδονται από φορητά αξεσουάρ, τη διασύνδεση έξυπνων εξαρτημάτων, την επεξεργασία δεδομένων και την αξιολόγηση περιβαλλοντικών κινδύνων. Οι Bernal et al. [2] ανέπτυξαν και παρουσίασαν μια πλατφόρμα ασφαλείας για την ενεργειακή βιομηχανία, η οποία διασφαλίζει την παρακολούθηση και αλληλεπίδραση με φορητά εξαρτήματα ΜΑΠ σε πραγματικό χρόνο. Αυτό το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίξει έξυπνα φορητά αξεσουάρ με επίκεντρο τον χρήστη. Μια άλλη δημοσίευση των Adjiski et al. [3] εισήγαγε ένα σύστημα ασφαλείας που αναπτύχθηκε για να καλύψει τις ανάγκες της μεταλλευτικής βιομηχανίας και να προστατεύσει από τις σκληρές υπόγειες συνθήκες εργασίας και από πιθανά ατυχήματα που μπορούν να αποφευχθούν. Αποτελείται από:

- ΜΑΠ (ενδύματα, γυαλιά ασφαλείας, κάσκες κεφαλής) με πολλαπλούς συνδεδεμένους αισθητήρες για την ανίχνευση περιβαλλοντικών κινδύνων (καπνός, επίπεδα θερμότητας και θορύβου, τοξικά αέρια) και κάμερες.
- ένα έξυπνο ρολόι για την παρακολούθηση ζωτικών δεικτών υγείας, τοποθεσίας και ταχύτητας κίνησης, με ενσωματωμένο μαγνητικό ανιχνευτή μετάλλων,

Όλα συνδέονται μέσω αισθητήρων bluetooth σε ένα έξυπνο τηλέφωνο. Οι συγγραφείς έχουν περιγράψει την αρχιτεκτονική του πρωτοτύπου και το εξατομικευμένο σύστημα ασφάλειας και πληροφοριών που θα βοηθούσαν την εκκένωση και τη διάσωση σε περίπτωση ατυχήματος.

Ο σχεδιασμός λειτουργικών ΜΑΠ που προσαρμόζει όλες τις καινοτομίες σε έξυπνα υφάσματα, αισθητήρες και ενεργοποιητές και τις τεχνολογίες αιχμής στην κατασκευή και ενσωμάτωση σε κλωστοϋφαντουργικά προϊόντα παρουσιάζει μια κλιμακούμενη πολυπλοκότητα. Σαφής επιβεβαίωση αυτού του γεγονότος είναι η αντικατάσταση της προηγούμενης οδηγίας 89/686/EEC της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), που περιγράφει τις προδιαγραφές, τις τεχνικές απαιτήσεις και τις διαδικασίες πιστοποίησης για την εμπορική παραγωγή ΜΑΠ [4], με τον ισχύοντα κανονισμό 2016/425 της ΕΕ [5]. Είναι κατανοητό ότι η παραγωγή εξατομικευμένων έξυπνων ΜΑΠ θέτει πρόσθετες τεχνικές και υπολογιστικές



προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν με την υιοθέτηση εξελιγμένων σχεδιαστικών εννοιών και διαφορετικών προτεραιοτήτων.

Πρόσφατες τάσεις στη διαχείριση κινδύνου στο πλαίσιο της υγείας και ασφάλειας στην εργασία (ΥΑΕ) & κατευθυντήριες γραμμές για τεχνολογίες παραγωγής ΜΑΠ

Οι Podgórski et al. [6] στη μελέτη τους, έχουν περιγράψει τον συνεχή μετασχηματισμό των παραδοσιακών προσεγγίσεων στη στρατηγική διαχείριση της επαγγελματικής ασφάλειας και υγείας.

Οι τρέχουσες προτεραιότητες στο πεδίο της διαχείρισης της υγείας και της ασφάλειας στην εργασία – οι οποίες αντικατοπτρίζονται επίσης στις τεχνολογίες παραγωγής όλων των τύπων έξυπνων αισθητήρων και ενεργοποιητών σε ΜΑΠ - προσανατολίζονται προς:

- Τη δυναμική και σε πραγματικό χρόνο εκτίμηση κινδύνου στο εργασιακό περιβάλλον και την ελαχιστοποίηση του κινδύνου.
- Την προσαρμοσμένη προστασία για μεμονωμένους εργαζόμενους, λαμβάνοντας υπόψη τα επίπεδα έκθεσης σε συγκεκριμένους κινδύνους.

Σύμφωνα με τον Stephanidis [7], η βασική ιδέα του σχεδιασμού με επίκεντρο τον χρήστη είναι η δημιουργία ενός φιλικού προς τον χρήστη και διαδραστικού προϊόντος που βελτιστοποιεί την εμπειρία του χρήστη.

Για το σκοπό αυτό, ο σχεδιαστής θα πρέπει να προχωρήσει σύμφωνα με τον ακόλουθο αλγόριθμο εργασίας σε:

- «Εμβάπτιση» στο πλαίσιο της χρήσης του προϊόντος και συλλογή άμεσων πληροφοριών για τα επαγγελματικά προφίλ των χρηστών και τις ιδιαίτερες ανάγκες τους.
- Προσδιορισμό της λειτουργικότητας, των προδιαγραφών και των απαιτήσεων του προϊόντος από πιθανούς πελάτες (οργανισμούς) και τελικούς χρήστες.
- Παραγωγή μιας σειράς πρωτοτύπων.
- Αξιολόγηση και ανατροφοδότηση από τους χρήστες.

Προκειμένου να υποστηριχθεί ο σχεδιασμός και η μαζική παραγωγή έξυπνων αισθητήρων και ενεργοποιητών, οι προαναφερθείσες έννοιες θα πρέπει να αφομοιωθούν και να ενσωματωθούν δημιουργικά στις μελλοντικές τεχνολογίες παραγωγής προσαρμοσμένων έξυπνων ΜΑΠ. Ένα τελικό προϊόν με επίκεντρο τον τελικό χρήστη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από: (i) έρευνες με ερωτηματολόγια και συνεδρίες συνεντεύξεων κατά τη διάρκεια



διαφορετικών φάσεων του σχεδιασμού, της παραγωγής και την πιλοτικής εφαρμογής τόσο του πρωτοτύπου όσο και του εμπορικού προϊόντος (εργαστηριακή και βιομηχανική κλίμακα), (ii) διαδοχικές φάσεις δοκιμών και ανάπτυξης των προϊόντων, (iii) διαδικασίες εκπαίδευσης των χρηστών και (iv) μόνιμα και προσβάσιμα συστήματα υποστήριξης για κάθε χώρο εργασίας και κάθε μεμονωμένο επαγγελματία [6].

Συμπεράσματα

Οι διαθέσιμες διαδικασίες σχεδιασμού δεν είναι αρκούντως ώριμες ώστε να καταστεί βιώσιμη η μαζική παραγωγή έξυπνων ΜΑΠ πολλαπλών συστατικών με επίκεντρο τον τελικό χρήστη, που θα ανταποκρίνεται στις εξαιρετικά απαιτητικές ανάγκες της υγείας και ασφάλειας στην εργασία μιας σειράς οικονομικών τομέων και επαγγελματικών κλάδων στον τομέα της ασφάλειας. Οι κύριες αδυναμίες είναι:

- Η δυσκολία στην αποτελεσματική ενσωμάτωση πρόσθετων υπολογιστικών και μηχανικών συστημάτων, απαραίτητων για να υποστηριχθεί η προσαρμογή σε μεμονωμένους χρήστες.
- Η έλλειψη καλά εδραιωμένων τεχνολογιών ενσωμάτωσης που θα διασφάλιζαν τη συμβατότητα μεταξύ πολλαπλών στοιχείων ΜΑΠ (έξυπνα υλικά, μικροσκοπικές συσκευές και διάφορα ηλεκτρονικά είδη) .
- Το ελλιπές τεχνικό και νομικό πλαίσιο αναφορικά με τις πρότυπες δοκιμές και την έγκριση της παραγωγής εμπορικών προϊόντων.

Αναφορές

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. 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.

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.



Με συγχρηματοδότηση από το
πρόγραμμα «Erasmus+»
της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Ψηφιοποίηση υφασμάτων βασισμένη στην
ψηφιακή εκπαίδευση και καινοτόμα διαδικτυακά
εργαλεία 2020-1-RO01-KA226-HE-095335



kauno
technologijos
universitetas



cre thi dev
creative thinking development



