



**Πανεπιστήμιο Αιγαίου**  
**Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και**  
**Επικοινωνιακών Συστημάτων**

---

**Μοντελοποίηση και Προσομοίωση**  
**Ενδυμάτων και Ένδυσης μέσω Τεχνικών**  
**Οπτικής Υπολογιστικής**

**Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**  
**της**

**Λυδίας - Βασιλικής Φακωτάκη**

**(Α. Μ.: 3212018233)**

**Επιβλέπουσα:** Εργίνα Καβαλλιεράτου, Καθηγήτρια,

**Μέλη Επιτροπής:** Κωσταντίνος Μουστάκας, Καθηγητής

Ευστάθιος Σταματάτος, Καθηγητής

**Σάμος, Φεβρουάριος 2024**

---

## Ευχαριστίες

Η εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, με τίτλο «Μοντελοποίηση και Προσομοίωση Ενδυμάτων και Ένδυσης μέσω Τεχνικών Οπτικής Υπολογιστικής» έγινε το διάστημα 2/2023– 2/2024 στο Τμήμα Μηχανικών Επικοινωνιακών και Πληροφοριακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου του Αιγαίου, υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας κα. Εργίνας Καβαλιεράτου, σε συνεργασία με το Εργαστήριο Ενσύρματης Τηλεπικοινωνίας & Τεχνολογίας της Πληροφορίας, του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογία της Πληροφορίας, του Πανεπιστημίου της Πάτρας, υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Κωσταντίνου Μουστάκα.

Θα ήθελα σε αυτό το σημείο να ευχαριστήσω θερμά τους δύο επιβλέποντες καθηγητές μου για την ευκαιρία που μου έδωσαν με την ανάθεση αυτής της εργασίας. Η συνεργασία μας ήταν άριστη και ιδιαίτερα εποικοδομητική και μέσα από αυτή κέρδισα πολύτιμες εμπειρίες που θα με συνοδεύσουν στην μελλοντική μου καριέρα ως μηχανικών πληροφοριακών και επικοινωνιακών συστημάτων.

---

## Περίληψη

Σε αυτήν την εργασία, με τίτλο «Μοντελοποίηση και Προσομοίωση Ενδυμάτων και Ένδυσης μέσω Τεχνικών Οπτικής Υπολογιστικής», πραγματοποιείται μια σχεδιαστική προσέγγιση για τη μοντελοποίηση ενδυμάτων σε ένα εικονικό σώμα, σε κίνηση. Η εργασία περιλαμβάνει την θεωρητική παρουσίαση του αντικειμένου και το σχεδιασμό τρισδιάστατου ενδύματος

Στη θεωρητική προσέγγιση της εργασίας, γίνεται παρουσίαση των δύο μερών που συναρτούν την επιστήμη της Μηχανικής Μόδας (Fashion Engineering). Του Τεχνολογικού μέρους, με εμβάθυνση στην Τεχνητής Νοημοσύνης ως τον βασικό συντελεστή και στην περιοχή της Μόδας.

Εξετάζονται οι κανόνες που διέπουν τη λειτουργία του φυσικού υλικού, στην περίπτωση μας το ύφασμα, καθώς και πώς αυτό το υλικό αντιδρά σε μηχανικά μοντέλα προσομοίωσης. Επιπλέον, εξετάζεται η δομή του υλικού και τα χαρακτηριστικά της συμπεριφοράς του.

Τέλος, στο πειραματικό μέρος παρουσιάζονται οι εφαρμογές που αναπτύχθηκαν για την αναπαράσταση της μηχανικής συμπεριφοράς υφασμάτων στην παρουσία εξωτερικών δυνάμεων, την προσομοίωση ενδύματος, και την εξομοίωση μοντέλων σε κίνηση για την παρατήρηση της συμπεριφορά του ρούχου σε αυτό.

---

## **Abstract**

In this work, a design approach is undertaken for the creation of a garment on a virtual moving body. The work is divided into two parts: the design of a three-dimensional garment and its theoretical description.

The structure of the work is as follows:

In the theoretical approach of the work, a historical overview is provided regarding the field of Fashion Engineering and the existing needs that led to its development are discussed. The rules governing the behavior of the physical material, in our case, the fabric, are examined, as well as how this material responds to mechanical simulation models. Furthermore, the material's structure and its behavioral characteristics are explored.

Finally, the representation of the fabric on the moving model is presented, the methodology for designing a garment on a virtual model is implemented, and the conclusions of the above processes are recorded.

---

*The finest clothing made is a person's skin, but, of course, society demands something more than this.*

*Το καλύτερο ρούχο που φτιάχνεται είναι το δέρμα ενός ανθρώπου, αλλά, φυσικά, η κοινωνία απαιτεί κάτι περισσότερο από αυτό.*

*—Μαρκ Τουέιν*

---

## Πίνακας περιεχομένων

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ .....</b>                                  | <b>1</b>  |
| <b>1 Μηχανική Μόδας (Fashion Engineering).....</b>     | <b>3</b>  |
| 1.1 Εισαγωγή.....                                      | 3         |
| 1.2 Η Τεχνητή Νοημοσύνη στη Βιομηχανία της Μόδας.....  | 4         |
| 1.2.1 Τεχνητή Νοημοσύνη .....                          | 6         |
| 1.2.2 Μηχανική Μάθηση .....                            | 8         |
| 1.2.3 Βαθιά Μάθηση (Deep Learning) .....               | 9         |
| 1.2.4 Γενετική Τεχνητή Νοημοσύνη .....                 | 13        |
| <b>2 Μηχανική Συμπεριφορά του Υφάσματος.....</b>       | <b>15</b> |
| 2.1 Εισαγωγή.....                                      | 15        |
| 2.2 Μηχανική Συμπεριφορά του Υφασμάτινου Υλικού .....  | 15        |
| 2.3 Πίνακες Συνεμφάνισης Επιπέδου Γκρι (GLCM) .....    | 17        |
| 2.4 Αναγνώριση Μοτίβων Ύφανσης .....                   | 18        |
| 2.4.1 Η Δομή του Υφάσματος .....                       | 21        |
| 2.4.2 Μέτρηση Ιδιοτήτων του Υφάσματος .....            | 21        |
| <b>3 Μοντελοποίηση Ανθρώπινου Σώματος .....</b>        | <b>23</b> |
| 3.1 Εισαγωγή.....                                      | 23        |
| 3.2 Εξωτερικά Χαρακτηριστικά Σώματος.....              | 23        |
| 3.3 Προσέγγιση Μοντελοποίησης .....                    | 24        |
| 3.3.1 Δημιουργική Προσέγγιση Μοντελοποίησης .....      | 24        |
| 3.3.2 Ανακατασκευαστική προσέγγιση μοντελοποίησης..... | 25        |
| 3.3.3 Παρεμβαλλόμενη προσέγγιση μοντελοποίησης .....   | 25        |
| 3.4 Μέθοδοι 3D Μοντελοποίησης Σώματος .....            | 25        |
| <b>4 Μοντελοποίηση και Προσομοίωση Υφασμάτων .....</b> | <b>27</b> |
| 4.1 Εισαγωγή.....                                      | 27        |
| 4.2 Επιλογή Μεθόδου Προσομοίωσης .....                 | 27        |
| 4.3 Προσομοίωση Υφασμάτων .....                        | 28        |
| 4.4 Διερεύνηση Εγκυρότητας της 3D Προσομοίωσης.....    | 29        |
| 4.5 3D Εκτύπωση .....                                  | 34        |
| 4.6 Προσομοίωση Μηχανικών Ιδιοτήτων Υφάσματος .....    | 37        |
| 4.7 Το Μοντέλο Ένδυσης DRAPE .....                     | 39        |
| 4.8 Προκλήσεις και Ευκαιρίες στις Προσομοιώσεις .....  | 43        |
| 4.8.1 Προκλήσεις.....                                  | 43        |

---

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.8.2 Ευκαιρίες .....                                          | 44        |
| <b>5 Εικονική Δοκιμή για Ρούχα .....</b>                       | <b>46</b> |
| 5.1 Εισαγωγή .....                                             | 46        |
| 5.2 Τρισδιάστατη (3D) Απεικόνιση .....                         | 46        |
| 5.3 Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα .....               | 47        |
| 5.4 Τεχνολογία Εικονικής Τοποθέτησης - 3D .....                | 47        |
| 5.5 Τεχνολογία Εικονικής Δοκιμής μέσω Κινητού .....            | 49        |
| 5.6 Καμαρίνι Εικονικής Δοκιμής .....                           | 50        |
| 5.7 Εικονική Αναπαράσταση με Ψηφιακά Δίδυμα .....              | 51        |
| 5.8 «Γίνε το Μοντέλο του Εαυτού σου» της Walmart .....         | 52        |
| 5.9 Μοντέλα AI στην Πασαρέλα .....                             | 53        |
| <b>6 Πειραματική Διαδικασία .....</b>                          | <b>56</b> |
| 6.1 Εισαγωγή .....                                             | 56        |
| 6.2 Blender 3D για Προσομοίωση Ρούχων .....                    | 56        |
| 6.3 Προσομοίωση Μηχανικής Συμπεριφοράς Υφάσματος .....         | 57        |
| 6.4 Πειραματική Προσομοίωσης μοντέλου με ρούχα σε κίνηση ..... | 60        |
| 6.4.1 Προσομοίωση ρούχου .....                                 | 60        |
| 6.4.2 Δημιουργία Κίνησης στο Μοντέλο .....                     | 68        |
| <b>Συμπεράσματα .....</b>                                      | <b>73</b> |
| <b>Βιβλιογραφία .....</b>                                      | <b>74</b> |

---

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί η εμβάθυνση και κατανόηση της ευρύτερης περιοχής της Μηχανικής Μόδας (Fashion Engineering) και η πραγματοποίηση πειραματικών εφαρμογών στο σχεδιασμό ενδύματος σε ένα εικονικό σώμα.

Αυτό περιλαμβάνει τη βαθιά κατανόηση του τεχνολογικού μέρους του αντικειμένου, εμβάθυνση στην περιοχή της Τεχνητής Νοημοσύνης AI (MM, DL, GenAI, AR κ.α.), καθώς στο χώρο της Μόδας, που οδήγησε στην κατανόηση των διαδικασιών μοντελοποίησης και Προσομοίωσης ενδυμάτων. Στο δε πειραματικό μέρος την πραγματοποίηση πειραματικών προσεγγίσεων για την αναπαράσταση της μηχανικής συμπεριφοράς υφασμάτων στην παρουσία εξωτερικών δυνάμεων, την προσομοίωση ενδύματος, και την εξομοίωση μοντέλων σε κίνηση για την παρατήρηση της συμπεριφορά του ρούχου σε αυτό.

**Η διάρθρωση της παρούσας διπλωματικής αποτελείται από πέντε κεφάλαια:**

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μια σύντομη παρουσίαση της Μηχανικής της Μόδας (Fashion Engineering). Αυτό περιλαμβάνει την επισκόπηση στο χώρο της επιστήμης της Τεχνητής Νοημοσύνης που αποτελεί την τεχνολογική βάση του αντικειμένου. Γίνεται μια σύντομη ιστορική ανασκόπηση που οδηγεί στη σύγχρονη δυναμική της και στις τεχνικές που έχουν δώσει την ουσιαστική εξέλιξη στη βιομηχανία της μόδας,

Στο Δεύτερο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση στη διερεύνηση και μοντελοποίηση της μηχανικής συμπεριφοράς του υφάσματος. Αυτό αποτελεί το πρώτο βήμα στην διαδικασία σχεδιασμού νέων υφασμάτων.

Το Τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την μοντελοποίηση του ανθρώπινου σώματος. Η μοντελοποίηση του ανθρώπινου σώματος αποτελεί τη βάση για τη μοντελοποίηση και προσομοίωση υφασμάτων και ειδών ένδυσης.

Το Τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στην Μοντελοποίηση και Προσομοίωση υφασμάτων και ρούχων. Η μοντελοποίηση και προσομοίωση της εμφάνισης και συμπεριφοράς των υφασμάτων σε εικονικά περιβάλλοντα περιλαμβάνει το συνδυασμό γραφικών υπολογιστών και μοντελοποίησης, με βάση τη φυσική και την επιστήμη υλικών.

Το Πέμπτο κεφάλαιο, αναφέρεται στην Εικονική Δοκιμή Ρούχα. Χρησιμοποιώντας τεχνολογίες εικονικής δοκιμής, οι οίκοι μόδας και οι επιχειρήσεις μπορούν να συνδυάσουν το φυσικό και το εικονικό για να δημιουργήσουν μια εμπειρία που είναι ασφαλής, βολική και αποτελεσματική για τους πελάτες, είτε στο διαδίκτυο είτε στο κατάστημα.

Το Έκτο και τελευταίο κεφάλαιο, περιλαμβάνει τις εφαρμογές προσομοίωσης που πραγματοποιήθηκαν, στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας. Παρουσιάζονται, σε εικόνες και βίντεο, οι τρεις εφαρμογές προσομοίωσης που υλοποιήθηκαν.

Τέλος, αναφέρονται τα Συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτήν τη σπουδή και η Βιβλιογραφία που χρησιμοποιήσαμε για τη μελέτη και υλοποίηση της διπλωματικής.

---

Φεβρουάριος 2024

Λυδία - Βασιλική Φακωτάκη

---

# 1 Μηχανική της Μόδας

## 1.1 Εισαγωγή

Ο όρος Μηχανική Μόδας (Fashion Engineering) δεν είναι τόσο γνωστός όσο άλλοι όροι στον κόσμο της μόδας και της μηχανικής. Ωστόσο είναι ένας πολλά υποσχόμενος επιστημονικός τομέας που συνδυάζει τη μόδα με την τεχνολογία. Στον τομέα αυτόν, σχεδιαστές και μηχανικοί συνεργάζονται για το σχεδιασμό και τη δημιουργία προηγμένων ενδυμάτων και αξεσουάρ. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση ψηφιακής τεχνολογίας, 3D εκτύπωσης, έξυπνων υφασμάτων και βιώσιμων υλικών για τη δημιουργία ενδυμάτων που είναι πρωτοποριακά, λειτουργικά και συμβαδίζουν με τις σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις. Το Fashion Engineering αποτελεί την τομή της μόδας και της τεχνολογίας, που επιδιώκει να αναδείξει νέες προοπτικές στο χώρο της ενδυμασίας και του σχεδιασμού ενδυμάτων.

Αν και δεν υπάρχει μια συγκεκριμένη ιστορική αναδρομή για τη Μηχανική Μόδας, μπορούμε να δούμε πώς η μόδα και η τεχνολογία έχουν συνδυαστεί με την πάροδο του χρόνου:

- **Μηχανική και καινοτομία στη μόδα:** Οι μηχανικές εφευρέσεις, όπως η ραπτομηχανή (Elias Howe, 1846) [1] και η πρώτη αυτόματη ραπτομηχανή (Isaac Singer, 1851) [2] επέτρεψαν τη μαζική παραγωγή ρούχων και άλλων ενδυματολογικών προϊόντων.
- **Αρχές του 20ου αιώνα:** Στις αρχές του 20ου αιώνα, η 2<sup>η</sup> βιομηχανική επανάσταση, που τελευταία είχε συντελεστεί, συνέβαλε καθοριστικά στην επανάσταση στο χώρο της μόδας. Η μηχανοποίηση της παραγωγής (γραμμές συναρμολόγησης και παραγωγής) επέτρεψε τη μαζική παραγωγή ενδυμάτων.
- **Δεκαετία του 1950:** Η επιστημονική έρευνα στην υφαντουργία και τη χρήση σύνθετων υλικών έφερε νέα υφάσματα και τεχνολογίες στον χώρο της μόδας.
- **Δεκαετία του 1980:** Η ψηφιακή τεχνολογία ξεκίνησε να χρησιμοποιείται για τη σχεδίαση και την κατασκευή ενδυμάτων, με την εισαγωγή του υπολογιστή στον σχεδιασμό μοντέλων.
- **Δεκαετία του 2010:** Οι πρώτες εφαρμογές της 3D εκτύπωσης στη μόδα αρχίσαν να εμφανίζονται. Αρχικά, η τεχνολογία χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία

---

πρωτότυπων κοσμημάτων και αξεσουάρ. Στη συνέχεια, εξελίχθηκε για να περιλαμβάνει την εκτύπωση ρούχων και υποδημάτων.

- : η δυναμική εξέλιξη στον τομέα της τεχνολογίας και ιδιαίτερα της Τεχνητής Νοημοσύνης έφτασαν την Μηχανική της Μόδας σε πολύ υψηλό βαθμό εξέλιξης.

**Σήμερα**, η σχέση μεταξύ της μόδας και της τεχνολογίας έχει εξελιχθεί σημαντικά με την πάροδο του χρόνου και συνεχίζει να εξελίσσεται. Το Fashion Engineering, προϊόν της 4η Βιομηχανικής Επανάστασης, αποτελεί την επόμενη φάση σε αυτήν την εξέλιξη, όπου η τεχνολογία και η μηχανική συμβάλλουν στη δημιουργία ενδυμάτων και αξεσουάρ που είναι πρωτοποριακά και λειτουργικά. Η σύγχρονη μόδα συνδυάζει το στυλ με την τεχνολογία για να δημιουργήσει πρωτοποριακά και λειτουργικά ενδύματα.

Όχι μόνο, η μηχανική μόδας, ανοίγει πόρτες για δημιουργικότητα, αλλά επιλύει επίσης πολλές από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η βιομηχανία της μόδας.

Ας εμβαθύνουμε σε ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα αυτής της καινοτόμας προσέγγισης:

- **Ανέξοδες και άμεσες διορθώσεις:** Οι ρεαλιστικές τρισδιάστατες εικόνες που δημιουργούνται χρησιμοποιώντας διαφορετικά προγράμματα λογισμικού σχεδιασμού μόδας βοηθούν τους σχεδιαστές να διορθώσουν τα δείγματα σχεδίων προτού δημιουργηθούν φυσικά.
- **Εξατομίκευση:** Με τη μηχανική μόδας, τα εξατομικευμένα ρούχα δεν είναι πλέον ένα όνειρο. Η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης δίνει τη δυνατότητα στους σχεδιαστές να δημιουργούν ρούχα προσαρμοσμένης εφαρμογής, διασφαλίζοντας την τέλεια αντιστοίχιση για κάθε άτομο αλλά και στους πελάτες να εξατομικεύουν τα σχέδια των ενδυμάτων τους σύμφωνα με τις προτιμήσεις τους.
- **Βιωσιμότητα:** Η βιομηχανία της μόδας έχει επικριθεί εδώ και καιρό για τις αρνητικές περιβαλλοντικές της επιπτώσεις. Η μηχανική μόδας προωθεί τη βιωσιμότητα χρησιμοποιώντας φιλικά προς το περιβάλλον υλικά και αποτελεσματικές μεθόδους παραγωγής. Επιπλέον, με τις υπηρεσίες τρισδιάστατης μοντελοποίησης, οι σχεδιαστές μπορούν να μετρήσουν τη ζήτηση και να παράγουν ακριβή αριθμό ρούχων, μειώνοντας τα αποτυπώματα άνθρακα.
- **Wearable Technology:** Η μηχανική μόδας ενσωματώνει απρόσκοπτα την τεχνολογία στα ρούχα, δημιουργώντας έξυπνα ρούχα που παρέχουν πρόσθετες λειτουργίες. Από τα υφάσματα που ρυθμίζουν τη θερμοκρασία μέχρι τις δυνατότητες παρακολούθησης της φυσικής κατάστασης, οι δυνατότητες είναι ατελείωτες.

## 1.2 Η Τεχνητή Νοημοσύνη στη Βιομηχανία της Μόδας

Η εμφάνιση της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) (Artificial Intelligence –AI) στο χώρο της μόδας διατάραξε τις παραδοσιακές μεθόδους και έφερε νέες δυνατότητες που ως τώρα ήταν αδιανόητες.

---

Πλέον οι προτάσεις μπορούν να είναι **περισσότερο εξατομικευμένες**. Οι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης αναλύουν τις προτιμήσεις των χρηστών, τις προηγούμενες αγορές, ακόμη και τις αλληλεπιδράσεις στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης για να προτείνουν ρούχα που ανταποκρίνονται στο ατομικό στυλ. Η μηχανική μόδας βρίσκεται στην τομή της μόδας και της τεχνολογίας. Ενσωματώνοντας προόδους όπως η **τρισδιάστατη εκτύπωση**, τα **ειδικά υφάσματα**, οι **καινοτόμες τεχνικές σχεδιασμού**, κ.α., οι μηχανικοί μόδας ξεπερνούν τα όρια του τι είναι δυνατό στον κόσμο της μόδας. Αυτή η διεπιστημονική προσέγγιση επιτρέπει στους σχεδιαστές να δημιουργήσουν μοναδικά ρούχα που προηγούμενως ήταν αδιανόητα.

Μια ακόμη επαναστατική κίνηση είναι η **Εικονική Δοκιμή Ρούχων** (Virtual Try-on). Αυτές οι εφαρμογές χρησιμοποιούν την Υπολογιστική Όραση (Computer Vision) και την Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality – AR) για να προσομοιώνουν πώς θα φαινόταν ένα συγκεκριμένο ρούχο σε έναν πελάτη. Αυτό το χαρακτηριστικό όχι μόνο μειώνει την ανάγκη για αγορά με φυσική παρουσία, αλλά ελαχιστοποιεί τις πιθανότητες επιστροφής των ειδών, κάτι που ωφελεί τόσο τους καταναλωτές αλλά και τους εμπόρους.

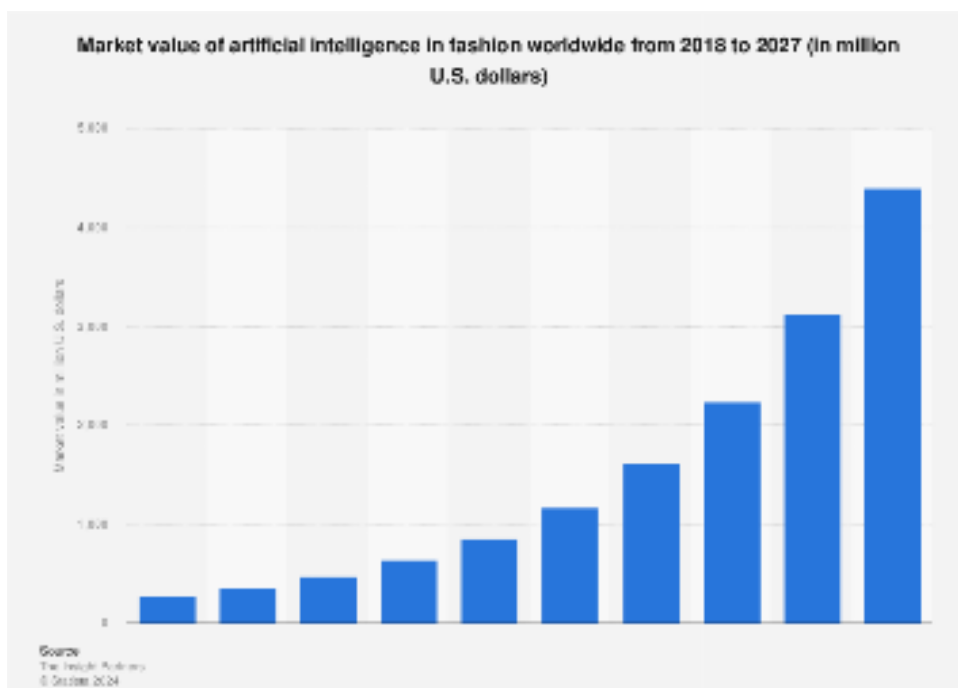
Οι θετικές επιπτώσεις της εικονικής πραγματικότητας (Virtual Reality - VR) στη μόδα γίνονται ιδιαίτερα αισθητές και στην **Διαχείριση των Εμπορικών Αποθηκών**. Με τη βοήθεια των αλγορίθμων Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) γίνεται ολοένα και πιο εύκολη η διαχείριση των αποθεμάτων. Προβλέπουν τη ζήτηση με αποτέλεσμα να μειώνονται οι καταστάσεις **υπεραποθεμάτων ή υποαποθεμάτων**. Χάρη στην τεχνητή νοημοσύνη, είναι εφικτή η πρόβλεψη των πιο αποδοτικών προϊόντων. Αναλύοντας ιστορικά δεδομένα αλλά και τις συνθήκες της αγοράς και των αγοραστών μπορεί να προβλέψει τι θα επιφέρει πωλήσεις. Αυτό όχι μόνο εξοικονομεί κόστος, αλλά συμβάλλει και σε μια πιο βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον προσέγγιση στη μόδα.

Βέβαια, η **πρόβλεψη της ζήτησης** είναι ιδιαίτερα περίπλοκη. Οι εταιρείες λειτουργούν με μια μεγάλη ποικιλία προϊόντων σύντομου κύκλου ζωής, βαθιά επηρεασμένες από εποχιακές πωλήσεις, διαφημιστικές εκδηλώσεις, καιρικές συνθήκες, διαφημιστικές και εκστρατείες μάρκετινγκ. Δεδομένης της έντονης εποχιακής φύσης των προϊόντων που χαρακτηρίζουν τον τομέα της μόδας, η μέθοδος FFT [3] μπορεί να αντιπροσωπεύει μια εύκολη και πιο αποτελεσματική μέθοδο πρόβλεψης σε σύγκριση με άλλες ευρετικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται συνήθως. Μια ακριβής πρόβλεψη μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοικονόμηση κόστους, μειωμένο κεφάλαιο κίνησης σε αποθέματα ασφαλείας [4], ενίσχυση των σχέσεων με τους πελάτες και αύξηση της ανταγωνιστικότητας [5].

Η Τεχνητή Νοημοσύνη δεν περιορίζεται μόνο σε αυτούς τους τομείς, αλλά είναι εξαιρετικά βοηθητική στη **Δημιουργία Νέων Ρούχων**. Εφοδιάζοντάς την με διάφορες παραμέτρους και στοιχεία σχεδιασμού, οι σχεδιαστές μπορούν να λάβουν πολυάριθμες παραλλαγές σχεδιασμού εξοικονομώντας χρόνο και διευρύνοντας τους δημιουργικούς ορίζοντες. Μια από τις βασικές παραμέτρους που λαμβάνεται υπόψη, είναι η **επιλογή βιώσιμων υλικών** αναλύοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και την ανθεκτικότητά τους, συμβάλλοντας έτσι σε μια πιο **βιώσιμη και οικολογική βιομηχανία**.

Τέλος, μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν προβλέψεις για την διεξόδου της ΤΝ στην παγκόσμια αγορά μόδας (Fashion Market). Στο Σχήμα1.1, δίνεται το μέγεθος της

αγοραίας αξίας της ΤΝ στην παγκόσμια αγορά μόδας. Το 2018 η αξία ανήλθε σε 270 εκατομμύρια δολάρια και υπολογίζεται να αυξηθεί σε 4,4 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2027.



**Σχήμα 1.1:** Αγοραία αξία της ΤΝ στη παγκόσμια αγορά μόδας από το 2018 έως 2027, [6].

Ωστόσο, υπάρχουν επίσης προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν, (**δυστοπικά** σενάρια). Όπως συμβαίνει με κάθε νέα τεχνολογία, υπάρχει ο κίνδυνος η ΤΝ να χρησιμοποιηθεί καταχρηστικά με απρόβλεπτες συνέπειες. Για παράδειγμα, υπάρχουν ανησυχίες ότι θα μπορούσε να οδηγήσει στην απώλεια θέσεων εργασίας για τους σχεδιαστές και άλλους επαγγελματίες του κλάδου της μόδας. Ακόμα, υπάρχει ο κίνδυνος η τεχνολογία να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία απομιμητικών προϊόντων ή ακόμη και για τη δημιουργία απομιμήσεων μοντέλων που φορούν ρούχα σχεδιαστών.

Στη συνέχεια δίνουμε μια σύντομη παρουσίαση της εξελικτικής πορείας της ΤΝ που καθόρισε, με επαναστατικό τρόπο, τη νέα πορεία στη βιομηχανία της μόδας, την Μηχανική Μόδας (Fashion Engineering).

### **1.2.1 Τεχνητή Νοημοσύνη**

Κατά την δεκαετία του 1950 [7] έκανε την εμφάνισή του ένας νέος τομέας της επιστήμης των υπολογιστών που καθιερώθηκε διεθνώς με την ονομασία Τεχνητή Νοημοσύνη – ΤΝ (Artificial Intelligence - AI). Στόχος της έρευνας στην Τεχνητή Νοημοσύνη είναι η ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων τα οποία θα είναι ικανά να επιλύουν σύνθετα πραγματικά προβλήματα επιδεικνύοντας μία νοήμονα συμπεριφορά.

Η επιστήμη της Τεχνητής Νοημοσύνης αξιοποιεί πολλούς επιστημονικούς κλάδους όπως, αυτόν της πληροφορικής, της ψυχολογίας, της φιλοσοφίας, της νευρολογίας, της γλωσσολογίας καθώς και της επιστήμης των μηχανικών. Χαρακτηριστικά επιτεύγματα

και στόχοι της TN μπορούν να θεωρηθούν, η δυνατότητα των μηχανών να μαθαίνουν να εξελίσσονται (ικανότητα μάθησης), η δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων, η προσαρμογή στο περιβάλλον, η πρόβλεψη και η επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων, η αντίληψη μέσω της όρασης, η κατανόηση φυσικής γλώσσας, κλπ, [8].

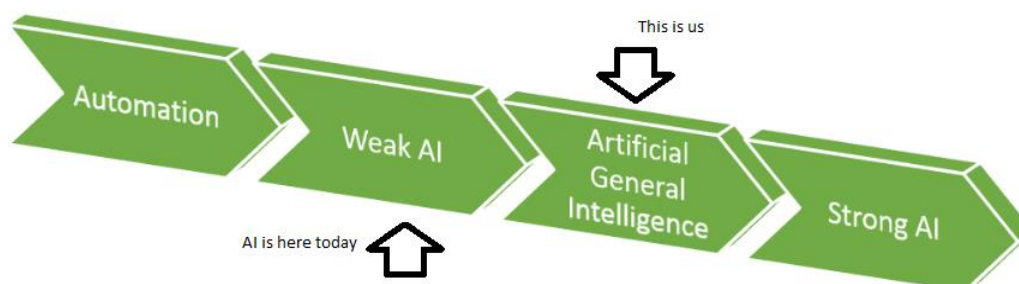
Στην εποχή μας, η TN αποτελεί ένα από τα ταχύτερα εξελισσόμενα επιστημονικά πεδία, ενώ με τη χρήση εργαλείων, των εφαρμοσμένων μαθηματικών και επιστήμες μηχανικών, έχει ξεφύγει από τα πλαίσια της θεωρητικής πληροφορικής.

Αν θέλουμε να δούμε την εξελικτική πορεία της Τεχνητή Νοημοσύνη, αναφερόμενοι και στο κοντινό μέλλον, μπορούμε να τη διακρίνουμε σε τρεις χαρακτηριστικούς σταθμούς: στην **Αδύναμη TN**, στην **Γενική TN** και στην **Ισχυρή TN** [9], (Σχήμα 1.2).

- **Αδύναμη Τεχνητή Νοημοσύνη (Weak Artificial Intelligence):** Έχουμε μηχανές που **δείχνουν να έχουν ευφυΐα**, και μπορούν να εκτελούν εργασίες περιορισμένου εύρους. Στην Weak AI, η μηχανή είναι απλώς ένα καλά σχεδιασμένο εργαλείο το οποίο λειτουργεί υπό τις εντολές του προγραμματιστή δίχως τη δυνατότητα αντίληψης. Είναι σε κάθε περίπτωση ένας ισχυρός βοηθός για εργασίες περιορισμένου εύρους.

Η λειτουργία της μπορεί να θεωρηθεί ότι ίσως να προσομοιώνει την ανθρώπινη νοημοσύνη όμως η μηχανή δεν διαθέτει νοημοσύνη παρόμοια αυτής του ανθρώπου. Βασιζόμενη στα δεδομένα, μπορεί να κάνει πολύ καλά μία μόνο εργασία. Οι δεξιότητες που μπορεί να αποκτήσει, για να εκτελέσει μια εργασία, δεν είναι **μεταβιβάσιμες** σε μια άλλη εργασία, κάτι που συνιστά μια σημαντική πτυχή της ανθρώπινης νοημοσύνης.

- **Γενική Τεχνητή Νοημοσύνη (General Artificial Intelligence):** Η αρχική αναζήτηση της AI ήταν να δημιουργηθούν μηχανές που θα μπορούσαν να εμφανίσουν το ίδιο επίπεδο νοημοσύνης με τον άνθρωπο. Αυτό σήμερα αναφέρεται ως Γενική Τεχνητή Νοημοσύνη. Αυτή αφορά την ικανότητα ενός τεχνολογικού συστήματος να μεταφέρει εμπειρία από μια νοητική λειτουργία σε μία άλλη, ώστε να μην αρχίζει η ανάπτυξη του νέου συστήματος από μηδενική βάση. Σήμερα βρισκόμαστε ακόμα στο επίπεδο της Αδύναμης TN, (Σχήμα 1.2), γεγονός που σημαίνει ότι απαιτείται ένα μεγάλο τεχνολογικό άλμα, για να φτάσουμε στη Γενική TN. Βέβαια η εξέλιξη τα τελευταία χρόνια είναι εκθετική και αυτό επιτρέπει σε πολλούς επιστήμονες να προβλέπουν το άλμα να προκύψει εντός του 21<sup>ου</sup> αιώνα. Τότε, οι μηχανές θα έχουν τη δυνατότητα να αυτοβελτιώνονται, η ευφυΐα τους θα αυξάνεται εκθετικά με αποτέλεσμα να φτάσουν και να ξεπεράσουν την ανθρώπινη νοημοσύνη.

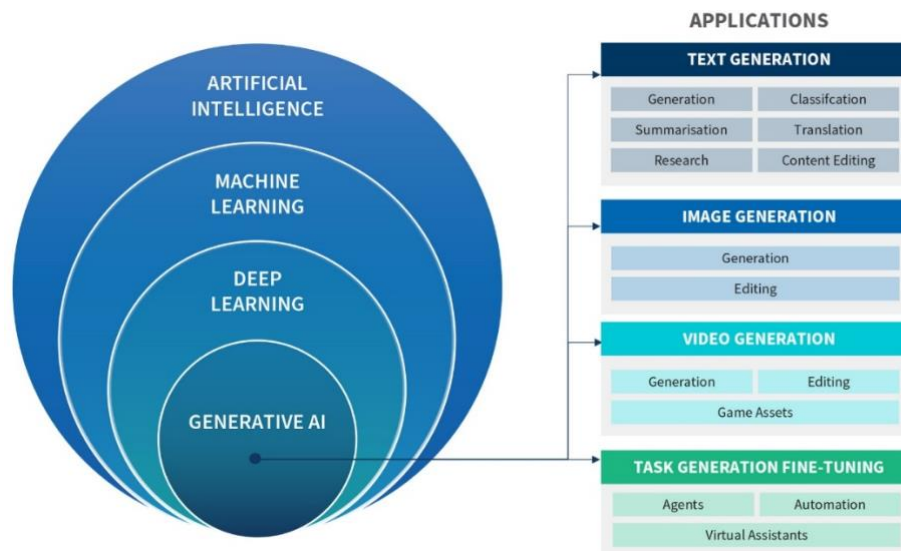


**Σχήμα 1.2:** Εξελικτική Πορεία της Τεχνολογίας της TN.

- **Ισχυρή Τεχνητή Νοημοσύνη (Strong AI):** Το τελευταίο στάδιο εξέλιξης της ΤΝ. Θα έχουμε **μηχανές με ευφυία**. Θα εκτελούν με επιτυχία οποιοδήποτε νοητικό έργο που (κατ' ελάχιστον) μπορεί να κάνει ένας άνθρωπος. Η μηχανή θα μπορεί κυριολεκτικά να καταλαβαίνει και να λαμβάνει και άλλα γνωσιακά επίπεδα και άρα δεν θα αποτελεί απλά προσομοίωση της ανθρώπινης αλλά αναπαραγωγή νοημοσύνης. Ισχυρή ΤΝ σημαίνει ότι τα μηχανήματα θα εκτελούν διαφορετικά καθήκοντα και όχι μόνο τα προκαθορισμένα, θα έχουν κοινή λογική και δημιουργικότητα.

Η Τεχνητή Νοημοσύνη αποτελεί την ευρεία, περιεκτική ενότητα, εντός της οποίας περιλαμβάνονται, η Μηχανική Μάθηση (ML) που μαθαίνει μοτίβα από δεδομένα, η Βαθιά Μάθηση (DL) που αξιοποιεί τα βαθιά νευρωνικά δίκτυα για περίπλοκες διαδικασίες αναγνώρισης προτύπων και η Γενετική Τεχνητή Νοημοσύνη (GenAI) που δημιουργεί νέο περιεχόμενο, (Σχήμα 1.3).

Η κατανόηση των αποχρώσεων μεταξύ αυτών των εννοιών είναι εξαιρετικής σημασίας για την αξιοποίησή τους στην σχεδίαση σχετικών εφαρμογών σε διάφορους κλάδους. Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των αλγορίθμων αυτών.



**Σχήμα 1.3:** Πώς ταιριάζουν οι τεχνολογίες AI, ML, DL, GenAI.

### 1.2.2 Μηχανική Μάθηση

Η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning -**ML**), είναι ένας από τους σημαντικότερους κλάδους της ΤΝ. Αναφέρεται στη σχεδίαση και ανάπτυξη αλγορίθμων που να μαθαίνουν να αναγνωρίζουν μοτίβα σε δεδομένα, να λαμβάνουν αποφάσεις βασισμένες είτε στην στατιστική είτε στις πιθανότητες και να μπορούν να βελτιώνουν τη συμπεριφορά τους χρησιμοποιώντας την εμπειρία τους. Με άλλα λόγια, η δυνατότητα μάθησης να προσδιορίζεται ως η ικανότητα απόκτησης επιπλέον γνώσης, που επιφέρει μεταβολές στην υπάρχουσα καταχωρημένη γνώση, είτε αλλάζοντας χαρακτηριστικά της είτε με αυξομείωσή της. Τη δημιουργία μοντέλων ή προτύπων από ένα σύνολο δεδομένων που προέρχονται από ένα υπολογιστικό σύστημα.

---

Ανάλογα με το είδος του προβλήματος έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές μηχανικής μάθησης. Θα διακρίνουμε τρία είδη τεχνικών μηχανικής μάθησης:

1. **Εποπτευόμενη Μηχανική Μάθηση (Supervised Machine Learning -SML):** Στην εποπτευόμενη μάθηση, ο αλγόριθμος εκπαιδεύεται σε ένα επισημασμένο σύνολο δεδομένων, όπου κάθε παράδειγμα έχει τόσα δεδομένα εισόδου όσο και αντίστοιχα δεδομένα εξόδου. Ο στόχος είναι να μάθει μια αντιστοίχιση μεταξύ εισόδων και εξόδων.
2. **Μη Εποπτευόμενη Μηχανική Μάθηση (Unsupervised Machine Learning - UML):** Η μάθηση χωρίς επίβλεψη αφορά δεδομένα χωρίς ετικέτα (unlabeled) όπου ο αλγόριθμος προσπαθεί να βρει μοτίβα ή δομές μέσα στα δεδομένα, χωρίς προκαθορισμένες εξόδους.
3. **Ενισχυτική Μηχανική Μάθηση (Reinforcement Machine Learning -RML):** Αυτή περιλαμβάνει έναν πράκτορα που μαθαίνει να λαμβάνει διαδοχικές αποφάσεις αλληλεπιδρώντας με ένα περιβάλλον. Ο πράκτορας λαμβάνει ανατροφοδότηση με τη μορφή ανταμοιβών ή κυρώσεων για τις ενέργειές του. Παράδειγμα: Εκπαίδευση ενός ρομπότ να πλοηγείται αυτόνομα σε έναν λαβύρινθο, όπου μαθαίνει να αποφεύγει τα εμπόδια και να φτάνει σε τοποθεσία-στόχο λαμβάνοντας ανταμοιβές για επιτυχημένη πλοήγηση.

Οι αλγόριθμοι ML δεν ικανοποιούν πάντα την εκτέλεση σύνθετων εργασιών που περιλαμβάνουν δεδομένα πολλών διαστάσεων ή περίπλοκα μοτίβα. Αυτοί οι περιορισμοί οδήγησαν στην εμφάνιση της Βαθιάς Μάθησης.

### **1.2.3 Βαθιά Μάθηση (Deep Learning)**

Η Βαθιά Μάθηση (Deep Learning -DL) [10-11] είναι μέρος της ευρύτερης κατηγορίας των μεθόδων μηχανικής μάθησης, βασιζόμενων σε αναπαραστάσεις δεδομένων μάθησης παρά σε αλγόριθμους συγκεκριμένων εργασιών. Η βαθιά μάθηση ορίζεται ως μια τεχνική μάθησης που διδάσκει στον υπολογιστή να μαθαίνει από τα δεδομένα που εμπνέονται από ανθρώπους.

Την τελευταία δεκαετία, προσεγγίσεις που βασίζονται σε αρχιτεκτονικές Βαθιάς Μάθησης έχουν ξεπεράσει σημαντικά τις τεχνικές ταξινόμησης με πιο απλές αρχιτεκτονικές. Ειδικότερα, οι αρχιτεκτονικές βαθιάς μάθησης αποτέλεσαν μία από τις σημαντικότερες ανακαλύψεις της τελευταίας δεκαετίας στον κλάδο της Τεχνητής Νοημοσύνης αφού πλέον έχει καταστεί δυνατή η εξαγωγή των πιο σύνθετων και εξεζητημένων χαρακτηριστικών, με πολύ μεγάλη αξιοπιστία.

Η DL μπορεί να χειριστεί πιο αποτελεσματικά πολύπλοκες εργασίες και σύνολα δεδομένων μεγάλης κλίμακας. Έχει δείξει τεράστια επιτυχία σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένης της υπολογιστικής όρασης, της επεξεργασίας φυσικής εικόνων, ομιλίας, βίντεο, ήχου κ.α.

Το DL βασίζεται στα νευρωνικά δίκτυα με πολλαπλά επίπεδα, γνωστά ως **Βαθιά Νευρωνικά Δίκτυα (Deep Neural Networks -DNN)**.

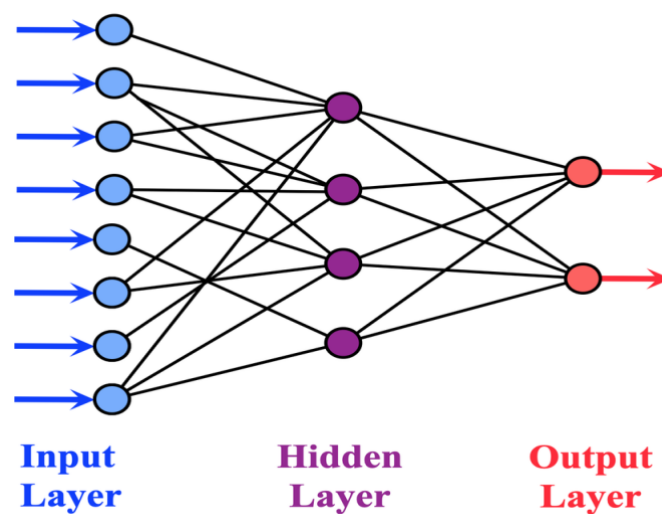
Τα **Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (ΤΝΔ)** πρωτοπαρουσιάστηκαν ως μαθηματικά μοντέλα τα οποία προσομοιώνουν την πολύπλοκη λειτουργία των νευρώνων του ανθρώπινου εγκεφάλου.

---

Μιμούνται, κατά το δυνατό, εκείνα του **Βιολογικού Νευρωνικού Δικτύου** του **ανθρώπινου εγκεφάλου**.

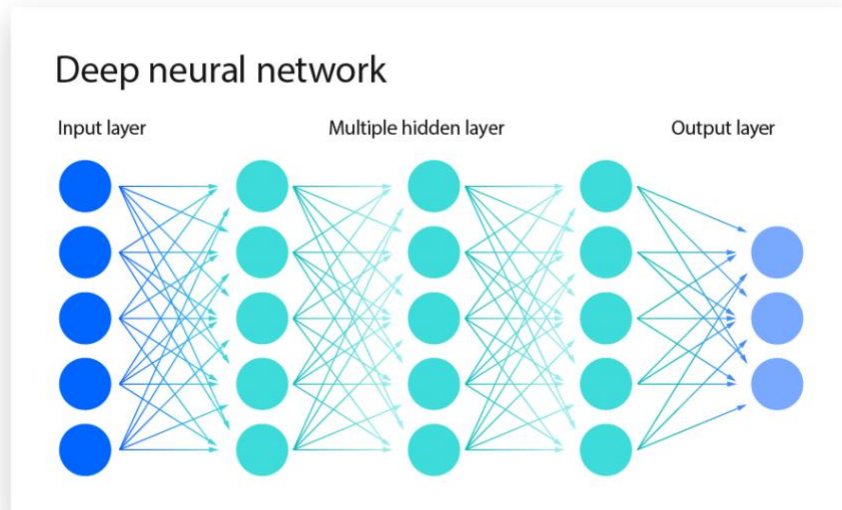
Η στοιχειώδης δομή ενός ΤΝΔ έχει τα ακόλουθα διαφορετικά επίπεδα (Σχήμα 1.4):

- Το **επίπεδο της εισόδου (Input Layer)**: τοποθετούντε τα δεδομένα εισόδου και ο αριθμός των νευρώνων του είναι ίσος με τις μεταβλητές των δεδομένων.
- Το **κρυφό επίπεδο (Hidden Layer)**: είναι το επίπεδο μεταξύ της εισόδου και της εξόδου. Ο αριθμός των κρυφών επιπέδων που περιέχονται σε ένα ΤΝΔ, επηρεάζει το «βάθος» του δικτύου.
- Το **επίπεδο εξόδου (Output Layer)**: αποτελεί το τελευταίο επίπεδο ενός ΤΝΔ. Σε αυτά εμφανίζονται τα αποτελέσματα μετά το τέλος της εκπαίδευσης και ο αριθμός τους είναι ίσος με τις μεταβλητές εξόδου των αποτελεσμάτων.



**Σχήμα 1.4:** Παράσταση Τεχνητού Νευρωνικού Δικτύου (ΤΝΔ), 3<sup>ων</sup> επιπέδων.

Όπως προκύπτει και από την ίδια την έννοια, ένα βαθύ νευρωνικό δίκτυο διαφέρει από το απλό κυρίως λόγω του βάθους. Σαν βάθος ορίζουμε τον αριθμό των κρυφών επιπέδων (hidden layers) και επομένως, ως DNN ορίζουμε το Νευρωνικό Δίκτυο πολλών κρυφών επιπέδων. Στο Σχήμα 1.5, παρατηρούμε ένα Βαθύ Νευρωνικό Δίκτυο τριών κρυφών επιπέδων.

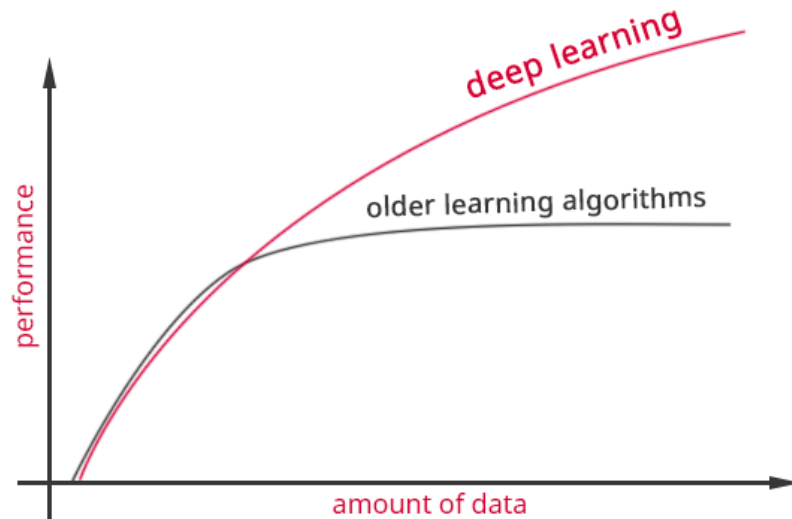


**Σχήμα 1.5:** Βαθύ Νευρωνικό δίκτυο (DNN), με τρία κρυφά επίπεδα (Hidden Layers).

Έχουν προταθεί διάφορες αρχιτεκτονικές βαθιάς μάθησης, στις σημαντικότερες από τις οποίες περιλαμβάνονται τα Συνελικτικά και τα Επαναλαμβανόμενα Νευρωνικά Δίκτυα:

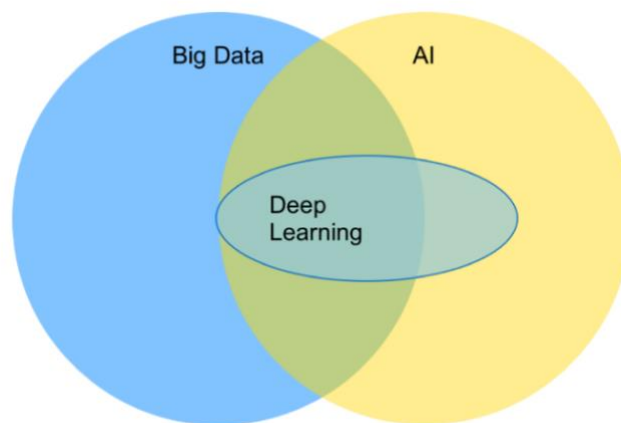
- **Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (Convolutional Neural Networks -CNN):** Ονομάζονται συνελικτικά διότι εφαρμόζουν τη (γραμμική) μαθηματική διαδικασία της συνέλιξης (Convolution), αντί να χρησιμοποιήσουν πολλαπλασιασμό πινάκων. Τα CNN έχουν επιφέρει σημαντικές βελτιώσεις κυρίως σε προβλήματα επεξεργασίας εικόνων, βίντεο, ομιλίας και ήχου.
- **Επαναλαμβανόμενα Νευρωνικά Δίκτυα (Recurrent Neural Networks -RNN):** Χρησιμοποιούνται για διαδοχικά δεδομένα και έχουν συνδέσεις ανατροφοδότησης, επιτρέποντάς τους να διατηρούν πληροφορίες σχετικά με προηγούμενες εισόδους τους. Υπάρχουν συνδέσεις και μεταξύ νευρώνων του ίδιου επιπέδου ή και προηγούμενων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής των RNN το chatbot μπορεί να κατανοήσει και να δημιουργήσει ανθρώπινες αποκρίσεις, σε αλληλεπιδράσεις υποστήριξης πελατών.

Η δημιουργία ενός μοντέλου βαθιάς μάθησης απαιτεί πολλά δεδομένα. Μάλιστα όσο περισσότερα είναι τα δεδομένα με τα οποία τροφοδοτείται τόσο πιο ακριβές θα είναι και το μοντέλο DL. Η συμπεριφορά των συμβατικών αλγορίθμων εκμάθησης (Μηχανικής Μάθησης) και των σύγχρονων αλγορίθμων (Βαθιάς Μάθησης), σε συνάρτηση με τον όγκο των δεδομένων εκπαίδευσης, δείχνεται στο Σχήμα 1.6. Όπως φαίνεται, στους παλαιότερους αλγορίθμους μάθησης (ML) η συμπεριφορά των συστημάτων, από ένα επίπεδο και πλέον, γινόταν ανεξάρτητη του πλήθους των δεδομένων εκπαίδευσης. Αντίθετα, στα συστήματα βαθιάς μάθησης (DL) η συμπεριφορά τους συναρτάται από το μέγεθος των δεδομένων.



**Σχήμα 1.6:** Συμπεριφορά συμβατικών αλγορίθμων μάθησης και αλγορίθμων Βαθιάς μάθησης, σε συνάρτηση με τον όγκο των δεδομένων εκπαίδευσης.

Έτσι, για την ολοκλήρωση ενός συστήματος βαθιάς μάθησης δεν επαρκούν οι καλοί αλγόριθμοι (DNN), απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί και η ύπαρξη πολλών δεδομένων, κυρίως για την εκπαίδευση (Training) αλλά και για τον έλεγχο (Test) των συστημάτων. **Μεγάλα δεδομένα (Big Data)**, όπως σήμερα λέγεται. Το Σχήμα 1.7 δείχνει χαρακτηριστικά τη συσχέτιση: AI-Big Data-DL.



**Σχήμα 1.7:** Σχέση εξάρτησης μεταξύ Τεχνητής Νοημοσύνης - Μεγάλα Δεδομένα (BD)- Βαθιά Μάθηση (DL).

Για τη δημιουργία νέου περιεχομένου που μιμείται τα δεδομένα στα οποία εκπαιδεύτηκε αποτελεί η **Γενετική Τεχνητή Νοημοσύνη**. Είναι ο κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης που χρησιμοποιεί τεχνικές μηχανικής μάθησης και τα μοντέλα της μπορούν να μάθουν μοτίβα και σχέσεις από ένα σύνολο δεδομένων `ώστε να δημιουργούν εντελώς νέες εικόνες, κείμενο, ήχο και βίντεο που εξακολουθούν να τηρούν τα υποκείμενα μοτίβα.

---

### 1.2.4 Γενετική Τεχνητή Νοημοσύνη

Η Γενετική (ή Δημιουργική) Τεχνητή Νοημοσύνη (Generative AI - **GenAI**), αποτελεί κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης και υποσύνολο της Βαθιάς Μάθησης [12]. Δεν ερμηνεύει μόνο τις πληροφορίες αλλά δημιουργεί και πρωτότυπο περιεχόμενο. Εστιάζει στη δημιουργία μοντέλων ικανών να δημιουργούν νέο περιεχόμενο που μοιάζει με υπάρχοντα δεδομένα. Αυτά τα μοντέλα στοχεύουν στη δημιουργία περιεχομένου που δεν διακρίνεται από αυτό που μπορεί να δημιουργηθεί από τον άνθρωπο. Συνδυάζει τη δύναμη της Μηχανικής Μάθησης, της Βαθιάς Μάθησης και τα πολλά δεδομένα (Big Data) για να παράγει εντελώς νέα στοιχεία όπως κείμενο, εικόνες, να συνθέτει βίντεο, να δημιουργεί περιεχόμενο στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης. κ.α.

Η Γενετική Τεχνητή Νοημοσύνη αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές εξελίξεις στην ΤΝ, με την βιομηχανία της μόδας να αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα εφαρμογής. Στο πλαίσιο της βιομηχανίας της μόδας, η ΓΤΝ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη **δημιουργία νέων σχεδίων, μοτίβων, στυλ, ακόμη και ολόκληρων συλλογών**. Έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται και καταναλώνεται η μόδα.

Μεγάλες εταιρείες, όπως Adidas, H&M κ.α., χρησιμοποιούν την Γενετική Τεχνητή Νοημοσύνη για να δημιουργήσουν προσαρμοσμένα σχέδια αθλητικών παπουτσιών και ρούχων.

Η τεχνολογία GenAI έχει επίσης χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μοναδικών μοτίβων για υφάσματα και εκτυπώσεις, γεγονός που βοηθάει τους σχεδιαστές στην **εξοικονόμηση χρόνου, προσπάθειας και στην βελτίωση της απόδοσής τους**.

Όμως ο αντίκτυπος της Γενετικής ΤΝ στη βιομηχανία της μόδας δεν περιορίζεται μόνο στη δημιουργία νέων σχεδίων. Έχει τη δυνατότητα να καταστήσει τη **βιομηχανία πιο βιώσιμη, μειώνοντας τα απόβλητα και βελτιστοποιώντας την παραγωγή**. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει ποια σχέδια είναι πιο πιθανό να πουληθούν, μειώνοντας τον κίνδυνο υπερπαραγωγής και σπατάλης. Μπορεί επίσης να βοηθήσει τους σχεδιαστές να δημιουργήσουν πιο αποδοτικά σχέδια που χρησιμοποιούν λιγότερα υφάσματα, μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της βιομηχανίας της μόδας.

Η Γενετική ΤΝ έχει επίσης τη δυνατότητα να επηρεάσει ίσως και να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο αγοράζουμε μόδα. Με τη δυνατότητα να **παράγει εξατομικευμένα σχέδια** και συστάσεις στο τι να φορέσουμε, μπορεί να δημιουργήσει μια πιο ελκυστική και καθηλωτική εμπειρία αγορών. Τώρα, οι εταιρείες (μάρκες) μπορούν να χρησιμοποιήσουν την Γενετική ΤΝ για τη **δημιουργία εικονικών εκθεσιακών χώρων**, όπου οι πελάτες μπορούν να βλέπουν και να προσαρμόζουν στις δικές τους ανάγκες και επιθυμίες σε πραγματικό χρόνο. Ακόμη και να δημιουργούν προσαρμοσμένα ενδύματα στις ακριβείς τους διαστάσεις. Με τη δυνατότητα δημιουργίας εξατομικευμένων σχεδίων και συστάσεων, μπορεί να δημιουργήσει μια πιο ελκυστική και καθηλωτική εμπειρία αγορών.

Συνοψίζοντας, η Γενετική ΤΝ έχει ήδη σημαντικό αντίκτυπο στη βιομηχανία της μόδας και οι δυνατότητές της μόλις τώρα αρχίζουν να αξιοποιούνται. Καθώς η τεχνολογία

---

εξελίσσεται, μπορούμε να περιμένουμε να δούμε περισσότεροι οίκοι μόδας να χρησιμοποιούν την Γενετική ΤΝ για τη δημιουργία νέων σχεδίων, μοτίβων και στυλ και για να κάνουν τη βιομηχανία πιο βιώσιμη και αποτελεσματική. Αν και υπάρχουν οι προκλήσεις που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν, το μέλλον της Γενετικής ΤΝ στη μόδα είναι συναρπαστικό.

*«Τεχνολογία και μόδα είναι οι δύο όψεις του ίδιου νομίσματος. Και οι δύο αφορούν τη δημιουργικότητα, την καινοτομία και την υπέρβαση των ορίων. Το μέλλον της μόδας θα καθοριστεί από τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία χρησιμοποιείται για την ενίσχυση του κλάδου, από τα βιώσιμα υλικά μέχρι τα εξατομικευμένα σχέδια. Η Γενετικής ΤΝ είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, προσφέροντας ατελείωτες δυνατότητες για νέες δημιουργίες και μειώνοντας τη φθορά (απόβλητα) στη διαδικασία παραγωγής.»*

Ivan Poupyrev, Director of Engineering at Google

---

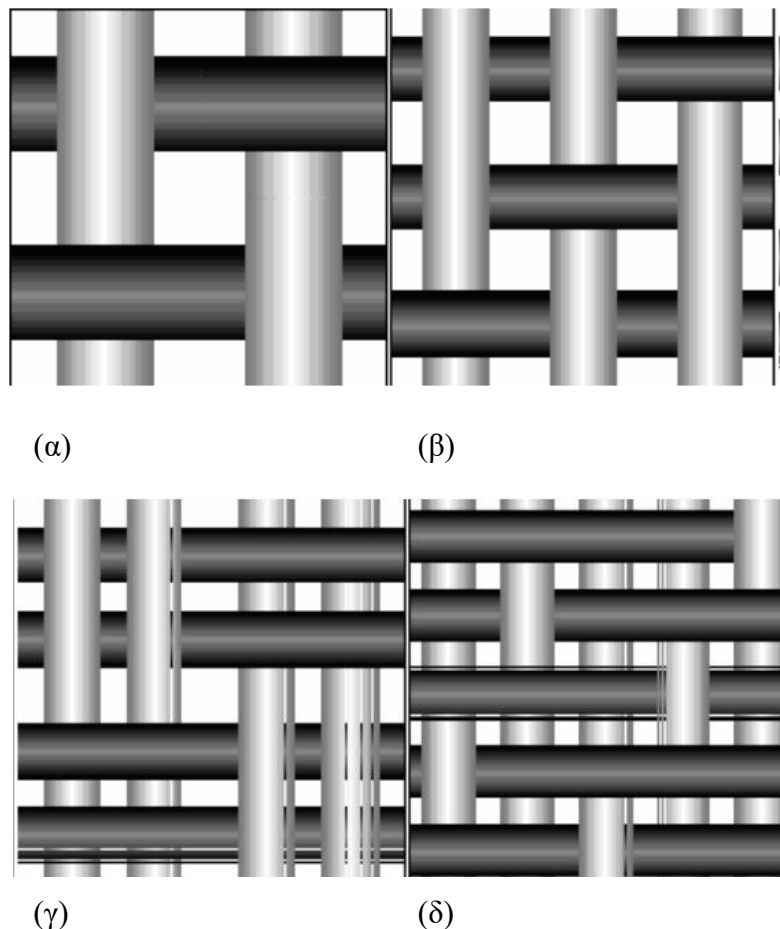
# 2 Μηχανική Συμπεριφορά Υφάσματος

## 2.1 Εισαγωγή

Η διερεύνηση και η μοντελοποίηση της μηχανικής συμπεριφοράς του υφάσματος αποτελεί το πρώτο βήμα στην διαδικασία σχεδιασμού νέων υφασμάτων. Η μηχανική συμπεριφορά αποτυπώνεται όταν αυτό βρίσκεται στη φυσική του κατάσταση και στην απλή δομή της ίνας του υλικού που αποτελείται το ύφασμα, αλλά και στο πως τοποθετούνται αυτές στη δομή του υφάσματος [13].

## 2.2 Μηχανική Συμπεριφορά Υφασμάτινου Υλικού

Τα υφαντά υφάσματα μπορούν να είναι διατεταγμένα σε διάφορες δομές (Σχήμα 2.1). Είναι σχετικά άκαμπτα αν και λεπτά, εύκολα στην παραγωγή και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους σε πολλά είδη σχεδιασμού. Αντίθετα, τα πλεκτά υφάσματα είναι χαλαρά και πολύ ελαστικά.



**Σχήμα 2.1:** Διαφορετικά μοτίβα υφασμένων υφασμάτων: (α) Απλό, (β) Στριφτό, (γ) Καλαθοειδές, (δ) Σατέν [13].

Η μηχανική συμπεριφορά του υφασμάτινου υλικού καθορίζεται κυρίως από τους συντελεστές:

- **Φύση της ίνας:** μαλλί, βαμβάκι, συνθετικό υλικό.
- **Δομή της κλωστής:** διάμετρος, εσωτερική δομή ινών και νήματος.
- **Διάταξη του νήματος** και συγκεκριμένα **το Μοτίβο:** Οι ιδιότητες του μοτίβου είναι βασικές για την κίνηση του υλικού, την ικανότητά του να λυγίζει και την οπτική του εμφάνιση.

Θέμα επίσης κρίσιμο στη σχεδίαση των υφασμάτων αποτελεί η συμπεριφορά τους σε Παραμορφώσεις. Οι μηχανικές ιδιότητες των παραμορφώσιμων επιφανειών μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τέσσερις κύριες κατηγορίες:

- **Ελαστικότητα (Elasticity):** η οποία χαρακτηρίζει τις εσωτερικές δυνάμεις ως αποτέλεσμα της γεωμετρικής παραμόρφωσης.
- **Ιξώδες ή βισκόζ (Viscosity):** το οποίο περιλαμβάνει τις εσωτερικές δυνάμεις ως αποτέλεσμα μιας δεδομένης ταχύτητας παραμόρφωσης.
- **Πλαστικότητα (Plasticity):** η οποία περιγράφει πώς οι ιδιότητες εξελίσσονται σύμφωνα με τα στάδια της παραμόρφωσης.

- **Ανθεκτικότητα (Resilience):** η οποία καθορίζει τα όρια στα οποία η δομή θα σπάσει.

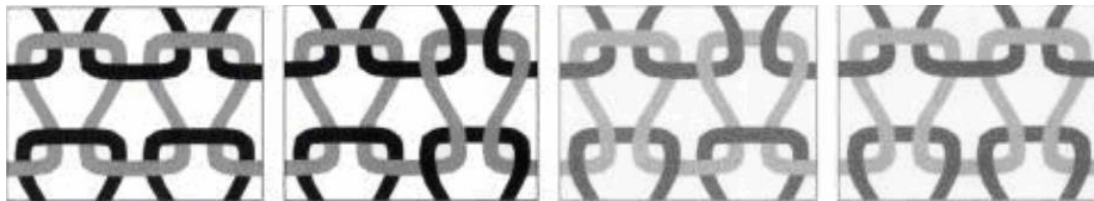
Οι πιο σημαντικές από τις πιο πάνω μηχανικές ιδιότητες είναι οι ελαστικές ιδιότητες που αποτελούν τον κύριο παράγοντα των μηχανικών επιδράσεων.

Η διερεύνηση των Δομών της Επιφάνειας του υφάσματος είναι επίσης σημαντική. Οι βασικές δομές της επιφάνειας του υφάσματος μπορούν να θεωρηθούν οι ακόλουθες τρεις:

- **Υφαντά Υφάσματα (Woven):** Τα νήματα μπλέκονται διαδοχικά με τη χρήση ποικίλων μοτίβων, όντας ορθογώνια ευθυγραμμισμένα. Μπορούν ωστόσο, να μπουν και σε διαφορετικές δομές.
- **Πλεκτά Υφάσματα (Knitted):** Τα νήματα γίνονται κατσαρά κατά μήκος ενός δεδομένου σχεδίου, κινούνται κυματοειδώς και συμπλέκονται στις διαδοχικές σειρές.
- **Μη-υφασμένα Υφάσματα:** Οι ίνες έχουν ακανόνιστη φορά και είναι μη δομημένες.

Τα **υφασμένα υφάσματα** μπορούν να ομαδοποιηθούν στη βάση διαφορετικών δομών (Σχήμα 2.1). Είναι σχετικά δύσκαμπτα, εύκολα να παραχθούν, και πρόκειται για μία συχνά χρησιμοποιημένη δομή στα ενδύματα.

Αντίθετα, τα **πλεκτά υφάσματα** είναι χαλαρά και πολύ ελαστικά (Σχήμα 2.2).



**Σχήμα 2.2:** Μοτίβα βασικών πλεκτών υφασμάτων [13].

## 2.3 Πίνακες Συνεμφάνισης Επιπέδου Γκρι (GLCM)

Ο Πίνακας Συνεμφάνισης των Γκρι Χρωμάτων (Gray-Level Co-occurrence Matrix - GLCM) [14] είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία εικόνων για την ανάλυση των χαρακτηριστικών της υφής. Η μέθοδος GLCM εκτιμά τη συχνότητα εμφάνισης των διαφορετικών συνδυασμών γκρι επιπέδου μεταξύ των γειτονικών εικονοστοιχείων (pixels) σε μια εικόνα. Συγκεκριμένα, υπολογίζει τον αριθμό των φορές που ένα ζεύγος pixels λαμβάνει συγκεκριμένες τιμές φωτεινότητας και θέσης, σε σχέση με τα γειτονικά του.

Είναι πίνακες δύο διαστάσεων, σε αντίθεση με τα κοινά ιστογράμματα μίας διάστασης, για να απαριθμούν ζεύγη pixels των οποίων η σχετική θέση και ο προσανατολισμός ορίζεται από ένα διάνυσμα μετατόπισης. Ένας πίνακας GLCM είναι πάντα τετραγωνικός. Οι διαστάσεις του είναι  $G \times G$  όπου  $G$  είναι το εύρος τιμών των pixels και κάθε στοιχείο του πίνακα, αντιστοιχεί σε ένα ζεύγος pixels.

---

Μετά την κατασκευή του πίνακα GLCM ακολουθεί ο υπολογισμός των χαρακτηριστικών υφής. Οι πληροφορίες που παρέχονται από τον πίνακα συνεμφάνισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή χαρακτηριστικών της εικόνας.

Η διαδικασία GLCM περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

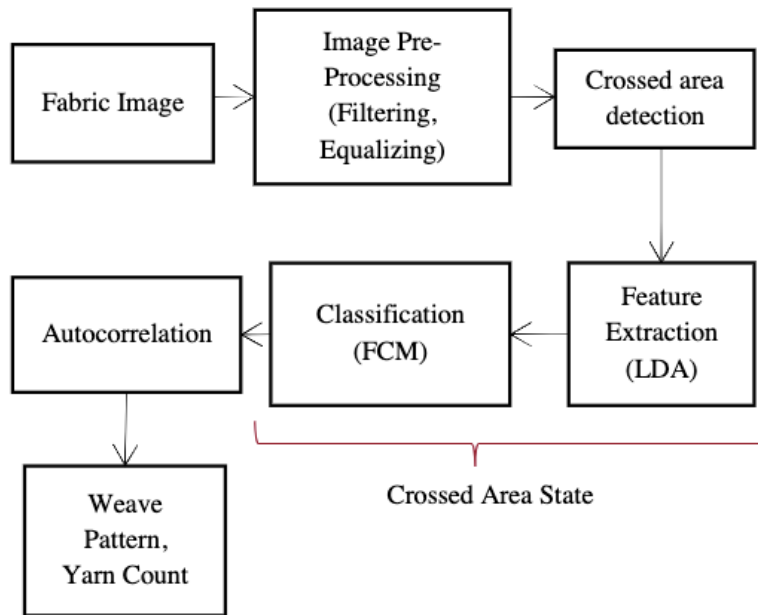
- **Καθορισμός των Γειτονικών Pixels:** Για κάθε pixel στην εικόνα, καθορίζονται τα γειτονικά pixels που θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του πίνακα συνεμφάνισης.
- **Δημιουργία του πίνακα συνεμφάνισης:** Για κάθε ζεύγος γειτονικών pixel, υπολογίζεται πόσες φορές εμφανίζονται συγκεκριμένες τιμές φωτεινότητας και θέσης σε σχέση μεταξύ τους.
- **Υπολογισμός Χαρακτηριστικών Υφής:** Από τον πίνακα συνεμφάνισης υπολογίζονται τα οκτώ (8) χαρακτηριστικά υφής:
  - Αντίθεση (CON)
  - Ανομοιογένεια (DIS)
  - Ομοιογένεια (HOM ή αντίστροφη ροπή διαφοράς)
  - Γωνιακή δεύτερη ροπή (ASM) ή ενέργεια
  - Εντροπία (ENT)
  - Μέσος όρος GLCM
  - Διακύμανση (VAR) και
  - Συσχέτιση (COR)
- **Εφαρμογή στην Εικόνα:** Τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση της υφής σε ολόκληρη την εικόνα ή σε συγκεκριμένες περιοχές.

## 2.4 Αναγνώριση Μοτίβων Ύφανσης

Τα κύρια γεωμετρικά χαρακτηριστικά των υφαντών υφασμάτων είναι το σχέδιο ύφανσης και ο αριθμός των νημάτων [15]. Το σχέδιο ύφανσης είναι η ύφανση που επαναλαμβάνεται περιοδικά σε ολόκληρη την περιοχή του υφάσματος. Ο αριθμός των νημάτων είναι ο αριθμός των νημάτων ανά εκατοστό.

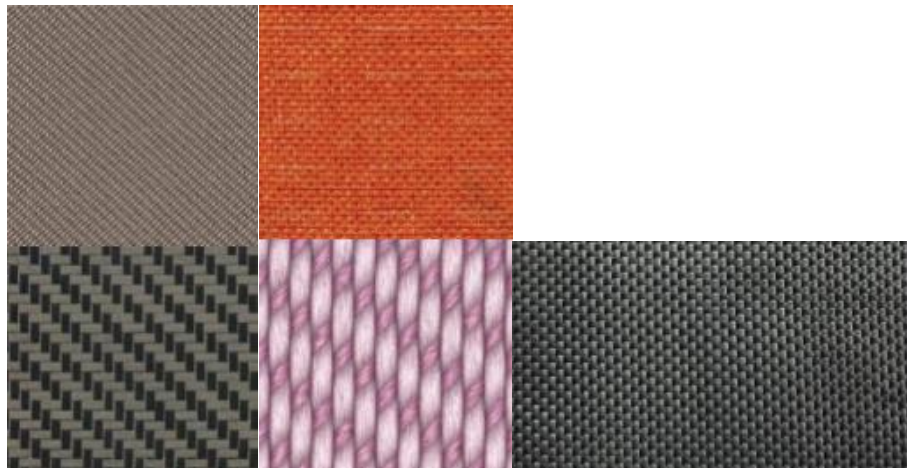
Η διαδικασία για την αυτόματη αναγνώριση της δομής του υφάσματος φαίνεται στο δομικό διάγραμμα, στο Σχήμα 2.3.

Η διαφορετική εμφάνιση των υφασμάτων οφείλεται στις επιδράσεις του σχεδίου ύφανσης στη στρίψι και την ακαμψία του υφάσματος. Η ποιότητα του υφάσματος μετριέται με τη χρήση του αριθμού νημάτων που αποτελεί μέτρο της ποιότητας του υφαντού υφάσματος.



**Σχήμα 2.3:** Διάγραμμα αυτόματης αναγνώρισης ύφανσης (Woven Structure) [15].

Η αξιολόγηση της διαδικασίας γίνεται με τη χρήση δύο κατηγοριών εικόνων: Η πρώτη ανήκει στις εικόνες υφαντού υλικού προσομοιωμένες από υπολογιστή (Σχήμα 2.4), και η δεύτερη πραγματικές εικόνες που από διάφορες εικόνες υφασμάτων (Σχήμα 2.5). Οι εικόνες πραγματικού υφάσματος απεικονίστηκαν με χρήση σαρωτή.



**Σχήμα 2.4:** Εικόνες προσομοιωμένες με υπολογιστή [15].

Θα μπορούσε να παρατηρηθεί ότι οι εικόνες αυτές έχουν διαφορετικούς τύπους ύφανσης, εμφανίσεις ινών και αριθμό νημάτων. Τα προσομοιωμένα δείγματα υφαντών υλικών δημιουργούνται με την εφαρμογή προγραμματιζόμενων φίλτρων επεξεργασίας εικόνας.



**Σχήμα 2.5:** Σαρωμένα πραγματικά υφάσματα [15].

Η μέθοδος Αναγνώριση Μοτίβων Ύφανσης χρησιμοποιεί τεχνικές όπως η ολοκληρωτική προβολή σε χωρικό πεδίο, εξαγωγή χαρακτηριστικών βάσει του πίνακα συνεμφάνισης των γκρι GLCM, και μεθόδους αναγνώρισης προτύπων.

Σκοπός είναι η ακριβής ανίχνευση περιοχών όπου τα νήματα του ιστού διασταυρώνονται και η κατηγοριοποίηση των καταστάσεων αυτών, όπως η διάκριση μεταξύ Weft Float και Warp Float.

Για τον εντοπισμό μοτίβων ύφανσης, αριθμό υφασμάτων, λοξότητα των νημάτων και άλλων δομικών χαρακτηριστικών των υφαντών υφασμάτων, χρησιμοποιούνται τεχνικές επεξεργασία εικόνας βασισμένες σε αλγόριθμους FFT.

Ο **Ταχύς Μετασχηματισμός Fourier** (Fast Fourier Transform, **FFT**) [3], είναι ένας αλγόριθμος για τον υπολογισμό του **Διακριτού Μετασχηματισμού Fourier (DFT)**. Ο **DFT** είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα και χρήσιμα εργαλεία που κατέχει ένας μηχανικός, πάνω στο πεδίο των διακριτών (ψηφιακών) σημάτων. Μετατρέπει μια πεπερασμένη ακολουθία, με ίσα διαστήματα δειγμάτων, από μια συνάρτηση σε μία λίστα με συντελεστές από ένα πεπερασμένο συνδυασμό ημιτονοειδών μιγαδικών αριθμών, καθορισμένων από τις συχνότητες τους, που έχει τις ίδιες τιμές δείγματος. Διαφορετικά, αφορά τη μετατροπή δείγματος μιας συνάρτησης από το αρχικό του πεδίο ορισμού (πεδίο χρόνου -time domain- ή θέση κατά μήκος γραμμής) στο πεδίο της συχνότητας (frequency domain).

Ο FFT παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην επεξεργασία εικόνας και στην αναγνώριση μοτίβων. Δεδομένου ότι ένα υφαντό ύφασμα αποτελείται από κανονικές επαναλαμβανόμενες μονάδες, ο FFT είναι ιδιαίτερα χρήσιμος για την ανάλυση της περιοδικότητας, της κατευθυντικότητας και της απόστασης των μονάδων επανάληψης στο ύφασμα.

---

Ο FFT χρησιμοποιείται για την αυτόματη μέτρηση του Yarn Count\*, παρέχοντας έναν αυτοματοποιημένο τρόπο μέτρησης του αριθμού των νημάτων.

\***Yarn Count** είναι μια αριθμητική έκφραση που καθορίζει τη λεπτότητα ή την χονδρότητα του υφάσματος. Εκφράζει επίσης αν το νήμα είναι παχύ ή λεπτό. Από το ινστιτούτο κλωστοϋφαντουργίας δίνεται ο ακόλουθος σχετικός ορισμός: «Η μέτρηση (Count), είναι ένας αριθμός που υποδεικνύει τη μάζα ανά μονάδα μήκους ή το μήκος ανά μονάδα μάζας νήματος (Yarn)».

Ο FFT εφαρμόζεται σε ολόκληρη την αρχική εικόνα υφάσματος, αξιοποιώντας τις οριζόντιες προβολές (προφίλ υφιδιού) και τις κάθετες προβολές (προφίλ στημονιού). Οι μετρήσεις νημάτων προσδιορίζονται από το 2D FFT.

### ***2.4.1 Η Δομή του Υφάσματος***

Η δομή του υφάσματος επηρεάζεται από τις ακόλουθες ιδιότητες:

- **Τη φύση της ίνας:** μάλλινη, βαμβακερή, συνθετική.
- **Τη δομή των νημάτων:** της διαμέτρου της εσωτερικής ίνας και της δομής του μαλλιού πλεξίματος.
- **Τη διευθέτηση των νημάτων:** Υφασμένα ή πλεκτά και η ιδιαίτερη παραλλαγή σχεδίων.
- **Τις ιδιότητες των σχεδίων:** σφιχτών ή χαλαρών.

Αυτές οι ιδιότητες είναι σημαντικές για τη δυσκαμψία ή την ευκαμψία του υλικού, και της οπτικής εμφάνισής του.

### ***2.4.2 Μέτρηση Ιδιοτήτων του Υφάσματος***

Ο πιο απλός και ευρέως γνωστός τρόπος αξιολόγησης ενός υφάσματος είναι η έννοια του "χεριού του υφάσματος", "fabric hand" [16]. Βασίζεται στο άγγιγμα, τη συμπίεση και το τρίψιμο του υφάσματος με το χέρι για την αξιολόγηση των ιδιοτήτων του. Όμως πρόκειται για μια υποκειμενική μέτρηση που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τους σκοπούς των εικονικών προσομοιώσεων.

Σημαντικές ιδιότητες των υφασμάτων είναι: η **ευκαμψία**, η **συμπίεση**, η **ελαστικότητα**, η **πυκνότητα**, το **περίγραμμα της επιφάνειας** (τραχύτητα, ομαλότητα), η **επιφανειακή τριβή** και τα **θερμικά χαρακτηριστικά**, τα οποία είναι αποτέλεσμα μιας ευρείας θεμελιώδους έρευνας σχετικά με τις ιδιότητες των υφασμάτων [17].

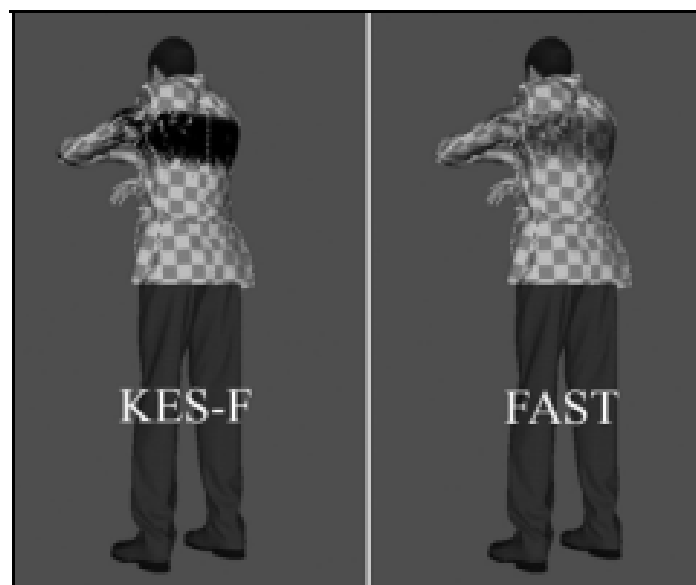
Στις εικονικές προσομοιώσεις, οι βασικές μιμούμενες μηχανικές ιδιότητες είναι η **ελαστικότητα**, η **διάτμηση**, η **κάμψη**, η **πυκνότητα**, το **βάρος**, το **πάχος** και η **τριβή**.

Το Σύστημα Αξιολόγησης **KES (Kawabata Evaluation Systems)** περιλαμβάνει μια σειρά οργάνων που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των ιδιοτήτων των υφασμάτων υλικών που επιτρέπουν την πρόβλεψη των αισθητικών ιδιοτήτων που γίνονται αντιληπτές από την ανθρώπινη αφή [18].

---

Το σύστημα KES-f, που αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1970 από τον Kawabata, αποτέλεσε την πρώτη τυποποίηση αντικειμενικών αξιολογήσεων υφασμάτων. Έκτοτε, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ευρέως για τον αντικειμενικό χαρακτηρισμό των υφασμάτων, καθώς και για μελέτες των μηχανικών ιδιοτήτων των υφασμάτων.

Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 η Ένωση CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) στην Αυστραλία συνειδητοποίησε τη σημασία μιας εμπορικής μέτρησης για μάλλινα υφάσματα και προσπάθησε να προσφέρει μια απλούστερη εναλλακτική λύση, τη μέθοδο **FAST** (Fabric Assurance by Simple Testing Systems). Τόσο η KES-f όσο και η FAST μετρούν τις ίδιες παραμέτρους, ωστόσο εφαρμόζονται διαφορετικές αρχές μέτρησης. Η μέθοδος FAST χρησιμοποιεί απλούστερες διαδικασίες από την KES-f και επιτρέπει μόνο μια γραμμική ερμηνεία των μετρούμενων δεδομένων, ενώ η KES-f παρέχει ένα πλήρες προφίλ τάσεων-παραμορφώσεων για όλα τα μετρούμενα χαρακτηριστικά. Οι μετρήσεις και των δύο συστημάτων διεξάγονται στην περιοχή χαμηλών δυνάμεων, η οποία αντιστοιχεί σε φορτία που είναι πιθανό να υποστεί ένα ύφασμα κατά την κατασκευή ενδυμάτων. Στο Σχήμα 2.6 εικονίζεται αναπαράσταση από τη χρήση των δύο μεθόδων, KES-F και FAST.



**Σχήμα 2.6:** Αναπαράσταση χρήσης KES-F και FAST [18].

---

# 3 Μοντελοποίηση Ανθρώπινου Σώματος

## 3.1 Εισαγωγή

Η μοντελοποίηση του ανθρώπινου σώματος αποτελεί τη βάση για τη μοντελοποίηση και προσομοίωση υφασμάτων και ειδών ένδυσης. Είναι μια διαδικασία εξαιρετικά πολύπλοκη δεδομένης της μεγάλης πολυπλοκότητας και ποικιλίας των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του ανθρώπινου σώματος. Η ρεαλιστική μοντελοποίηση του ανθρώπινου σώματος απαιτεί μια ακριβή γεωμετρική αποτύπωση όλων των επιμέρους μερών του ανθρώπινου σώματος. Διαδικασία εξαιρετικά απαιτητική αν συμπεριλάβουμε και την κίνηση και μεταβλητότητα των μερών αυτών.

Ένας εικονικός άνθρωπος είναι ένα «ανύπαρκτο άτομο» φτιαγμένο με γραφικά υπολογιστή. Σήμερα, είναι τόσο αληθινά και μοναδικά κατασκευασμένοι που πολλές φορές δεν διακρίνονται από τους πραγματικούς ανθρώπους, και παρόλο που είναι εικονικοί, συνδυάζονται με τον πραγματικό κόσμο.

## 3.2 Εξωτερικά Χαρακτηριστικά Σώματος

Ως πρώτο βήμα θα ορίσουμε τα κύρια εξωτερικά χαρακτηριστικά του ανθρώπινου σώματος, βασική προϋπόθεση στην μοντελοποίηση του.

Η διαδικασία αξιολόγησης των εξωτερικών γεωμετρικών διαστάσεων του ανθρώπινου σώματος αναφέρεται ως Σωματομετρία. Παρέχει θεμελιώδεις πληροφορίες για το σχήμα του σώματος, προκειμένου να μπορεί να προσαρμοστεί σωστά το ένδυμα. Η ανατομία του ανθρώπινου σώματος, ως προς τα γεωμετρικά δεδομένα που παρέχει, πέραν του κλασσικού τρίπτυχου **στήθος - μέση - γοφοί**, παρουσιάζει μια μεγαλύτερη πολυπλοκότητα.

Οι συνολικές διαστάσεις του σώματος αποτελούν τους βασικούς μορφολογικούς δείκτες που χαρακτηρίζουν την εξωτερική εμφάνιση του σώματος και τους αποτελούν:

- Το ύψος του σώματος.
- Η περιφέρεια του στήθους.
- Η περιφέρεια γοφών.
- Η περιφέρεια μέσης.

Ακόμα, οι αναλογίες του σώματος μπορούν να ομαδοποιηθούν με βάση τον τύπο του σώματος σε τρεις βασικές ενότητες:

- 
- με μακρύ και στενό κορμό (Dolicomorf),
  - με ισορροπία των αναλογιών μεταξύ άνω άκρων και κορμού (Mezomorf),
  - με κοντά άκρα και μακρύ κορμό (Brahimorf).

Ωστόσο, τα γενικά χαρακτηριστικά της εξωτερικής εμφάνισης του ανθρώπινου σώματος, διαμορφώνονται και συναρτώνται από τις διαστάσεις των επιμέρους τμημάτων του σώματος. Μια σύντομη περιγραφή των τμημάτων αυτών θα μπορούσε να αποτελούν τα παρακάτω [19]:

- **Λαιμός:** Η μορφή του οποίου διαφοροποιείται ανάλογα με το φύλλο και την ηλικία. Στις γυναίκες και στα παιδιά η περιοχή του λαιμού είναι πιο στρογγυλεμένη, ενώ στους άνδρες το σχήμα προεξέχει.
- **Κορμός:** Ο Κορμός είναι το μεγαλύτερο μέρος του σώματος και τον αποτελούν: **πάνω μέρος** (περιοχή των ώμων), **εμπρός μέρος** (θώρακας και κοιλιά) και **πίσω μέρος** (πλάτη).
- **Όμος:** Η διαμόρφωση και το σχήμα των ώμων είναι σημαντική παράμετρος για την δημιουργία των πατρών και των ενδυμάτων. Ανάλογα με το σχήμα και την κλίση των διακρίνονται σε: **Κανονικούς**, **Ανεβασμένους**, και **Κατεβασμένους** ώμους.
- **Θώρακα:** Το σχήμα του εξαρτάται κυρίως από το σχήμα του σκελετού και το μυϊκό σύστημα. Στις δε γυναίκες επιπλέον εξαρτάται και από το σχήμα των μαστικών αδένων.
- **Κοιλιά:** η κοιλιάς, στο σχήμα της μπορεί να είναι κουφωτή, ίσια ή στρογγυλεμένη. Εξαρτάται κυρίως από το φύλο, την ηλικία και το βαθμό ανάπτυξης του λιπώδους ιστού του θώρακα και της λεκάνης.
- **Πλάτη:** Το σχήμα της πλάτης διακρίνεται σε κανονικό, γυρτό ή τεταμένο. Κυρίως εξαρτάται από τις καμπύλες της σπονδυλικής στήλης και των πλευρών που στηρίζονται στους ώμους.
- **Άκρα:** τα Άνω άκρα, και τα Κάτω άκρα.

### 3.3 Προσέγγιση Μοντελοποίησης

Η μοντελοποίηση του ανθρώπινου σώματος (Human Body Modeling HBM), είναι μια εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία. Η ρεαλιστική μοντελοποίηση του ανθρώπινου σώματος απαιτεί μια ακριβή γεωμετρική επιφάνεια σε όλη την προσομοίωση.

Υπάρχουν πολλές μεθοδολογίες μοντελοποίησης του ανθρώπινου σώματος οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: στην Δημιουργική ενότητα (Creative), στην Ανακατασκευαστική (Reconstructive), και στην Παρεμβαλλόμενη (Interpolated), [20].

#### 3.3.1 Δημιουργική Προσέγγιση Μοντελοποίησης

Μοντελιστές που βασίζονται στην ανατομία του ανθρώπινου σώματος, όπως οι Scheepers et.al. [21], οι Shen και Thalmann [22], και οι Wilhelms και Van Gelder [23], ανήκουν στην Δημιουργική Προσέγγιση Μοντελοποίησης.

---

Η συγκεκριμένη κατηγορία μοντελοποίησης θέλει τα μοντέλα να πρέπει να μιμούνται τα πραγματικά στοιχεία του σώματος. Με αυτήν την προσέγγιση τα μοντέλα αποτελούνται από πολλαπλά στρώματα για την προσομοίωση μεμονωμένων μυών, οστών και ιστών (muscles, bones and tissues).

Ενώ η διαδικασία αυτή επιτρέπει τον διαδραστικό σχεδιασμό, απαιτεί όμως σημαντική παρέμβαση του χρήστη. Κάτι που έχει ως συνέπεια τον σχετικά αργό χρόνο παραγωγής και έλλειψη αποτελεσματικών εγκαταστάσεων ελέγχου.

### **3.3.2 Ανακατασκευαστική προσέγγιση μοντελοποίησης**

Στην ανακατασκευαστική προσέγγιση γίνεται αυτόματη κατασκευή της τρισδιάστατης (3D) γεωμετρίας του ανθρώπινου σώματος μέσω της καταγραφής του υπάρχοντος σχήματος.

Οι περισσότερες από τις ανακατασκευαστικές προσεγγίσεις βασίζονται σε τρεις βασικές τεχνικές: Στερεοσκοπικών Εικόνων [24], Δομημένου φωτός [25], Τρισδιάστατους (3D) Σαρωτές [26].

Ορισμένα συστήματα, ωστόσο, χρησιμοποιούν εικόνες δυο διαστάσεων (2D) είτε από ακολουθίες βίντεο είτε από φωτογραφίες [27]. Παρόλο που είναι αποτελεσματικές και οπτικά πειστικές, ένας περιοριστικός παράγοντας αυτών των τεχνικών έγκειται στο ότι δεν δίνουν σχεδόν καθόλου έλεγχο στο χρήστη με αποτέλεσμα να γίνεται πολύ δύσκολη η αυτόματη τροποποίηση των μοντέλων που προκύπτουν σε διαφορετικές πόψεις, όπως επιθυμεί ο χρήστης.

### **3.3.3 Παρεμβλλόμενη προσέγγιση μοντελοποίησης**

Η τρίτη μεγάλη κατηγορία, αναφέρεται στην μοντελοποίηση με παρεμβολή. Χρησιμοποιεί σύνολα χαρακτηριστικών (παραδειγμάτων) μοντέλων και με ένα σχέδιο παρεμβολής επιτυγχάνει την κατασκευή νέων μοντέλων.

Επειδή η παρεμβολή παρέχει έναν τρόπο αξιοποίησης των υπάρχοντων μοντέλων για τη δημιουργία νέων με υψηλό επίπεδο ελέγχου σε διαδραστικό χρόνο, έχει αποκτήσει μεγάλη δημοτικότητα σε διάφορα γραφικά αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένων των μοντέλων ανθρώπινου σώματος.

## **3.4 Μέθοδοι 3D Μοντελοποίησης Σώματος**

Υπάρχει μεγάλη γκάμα μεθόδων Μοντελοποίησης ανθρώπινου σώματος [37]. Στη συνέχεια αναφέρονται μερικές (ίσως βασικότερες) από αυτές.

- **3D Σάρωση (3D Scanning):** Για την επίτευξη αυτής της μεθόδου χρειάστηκε εξειδικευμένο υλικό όπως 3D σαρωτές για την καταγραφή του σχήματος και των λεπτομερειών επιφάνειας ενός πραγματικού ανθρώπινου σώματος. Οι τεχνολογίες σάρωσης μπορεί να περιλαμβάνουν από σαρωτές με δομημένο φως μέχρι λείζερ και συστήματα φωτογραμμετρίας. Τα αποτελέσματα των 3D σαρώσεων παρέχουν μια υψηλής ακρίβειας αναπαράσταση της γεωμετρίας του σώματος, την οποία

---

μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί άμεσα ή ως αναφορά για τη χειροκίνητη μοντελοποίηση.

- **Παραμετρική Μοντελοποίηση (Parametric Modeling):** Για την επίτευξη της παραμετρικής μοντελοποίησης πρωτίστως καθορίζεται το σχήμα του ανθρώπινου σώματος χρησιμοποιώντας μαθηματικές παραμέτρους που ελέγχουν τις διαστάσεις και τις αναλογίες του. Τα σχήματα του σώματος προσαρμόζονται με βάση δεδομένα ανθρωπομετρίας ή εισαγόμενες παραμέτρους. Τα συγκεκριμένα μοντέλα μπορούν να προσαρμοστούν για να ταιριάζουν με συγκεκριμένους τύπους σωμάτων, κάτι που τα καθιστά χρήσιμα για τη δημιουργία ποικιλίας χαρακτήρων για εφαρμογές προσομοίωσης ρούχων.
- **Μοντέλα Αρθρωτών Σωμάτων (Articulated Body Models):** Αναπαριστούν το ανθρώπινο σώμα ως μια σκελετική δομή αποτελούμενη από συνδεδεμένα οστά ή αρθρώσεις. Αυτά τα μοντέλα συχνά συνδέονται με περιορισμούς για να προσομοιώσουν ρεαλιστική κίνηση και παραμόρφωση. Τα αρθρωμένα μοντέλα σώματος παρέχουν ένα ευέλικτο πλαίσιο για την εικονογράφηση και την προσομοίωση των αλληλεπιδράσεων των ρούχων με διάφορες πόζες και κινήσεις.
- **Διαδικασίες Δημιουργίας (Procedural Generation):** Γεωμετρία ανθρώπινου σώματος παράγεται από τεχνικές δημιουργίας μοντέλων αλγοριθμικά βασισμένες σε προκαθορισμένους κανόνες ή παραμέτρους. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μεγάλου εύρους σχημάτων και μεγεθών σωμάτων. Η διαδικασία δημιουργίας είναι χρήσιμη για τη δημιουργία μεγάλων συνόλων δεδομένων μοντέλων σώματος για εφαρμογές προσομοίωσης ρούχων.
- **Χειροκίνητη Μοντελοποίηση (Manual Modeling):** Περιλαμβάνει τη δημιουργία 3D μοντέλων του ανθρώπινου σώματος με χρήση ψηφιακής γλυπτικής ή παραδοσιακών τεχνικών πολυγώνων. Οι καλλιτέχνες ή οι σχεδιαστές φτιάχνουν τη γεωμετρία του σώματος χειροκίνητα, δίνοντας προσοχή στις ανατομικές λεπτομέρειες και τις αναλογίες. Η χειροκίνητη μοντελοποίηση παρόλο που επιτρέπει τον καλλιτεχνικό έλεγχο και την προσαρμογή μπορεί να είναι χρονοβόρα για τη δημιουργία μεγάλου αριθμού μοναδικών μοντέλων σώματος.
- **Υβριδικές Προσεγγίσεις (Hybrid Approaches):** Για να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα οι υβριδικές προσεγγίσεις συνδυάζουν πολλές τεχνικές μοντελοποίησης. Για παράδειγμα, μια συνδυαστική χρήση 3D σάρωσης και χειροκίνητης γλυπτικής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τελειοποίηση των σαρωμένων δεδομένων και τη διασφάλιση της ακρίβειας. Επίσης, τα παραμετρικά μοντέλα μπορεί να συνδυαστούν με διαδικασίες δημιουργίας για τη δημιουργία ποικιλίας σχημάτων σώματος.

Κάθε μία από αυτές τις μεθόδους έχει τόσο τα πλεονεκτήματα όσο και τα μειονεκτήματα της. Έτσι, η επιλογή της ιδανικής μεθόδου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο επιθυμητός βαθμός λεπτομέρειας, οι διαθέσιμοι πόροι και κυρίως συγκεκριμένες απαιτήσεις της εφαρμογής προσομοίωσης ρούχων.

Η δοκιμή και η επανάληψη είναι συχνά απαραίτητες για την επίτευξη της βέλτιστης ισορροπίας μεταξύ ρεαλισμού και αποδοτικότητας στη μοντελοποίηση του ανθρώπινου σώματος για προσομοιώσεις ρούχων.

---

# 4 Μοντελοποίηση και Προσομοίωση Υφασμάτων

## 4.1 Εισαγωγή

Η μοντελοποίηση και προσομοίωση της εμφάνισης και συμπεριφοράς υφασμάτων σε εικονικά περιβάλλοντα περιλαμβάνει το συνδυασμό γραφικών υπολογιστών και μοντελοποίησης με βάση τη φυσική και την επιστήμη υλικών.

Η ιδέα της ανάπτυξης ενός μαθηματικού μοντέλου για τον καθορισμό της συμπεριφοράς του υφάσματος και των ιδιοτήτων του ξεκίνησε τη δεκαετία του 1930, όταν ξεκίνησε πιο συστηματικά η μηχανική στην κλωστοϋφαντουργία, [28]. Από τότε, η τεχνολογία προχώρησε με γοργούς ρυθμούς. Η πρόοδος στο χώρο των υπολογιστών έχει δημιουργήσει τη δυνατότητα εφαρμογής εικονικών προσομοιώσεων που αναπαριστούν με εξαιρετική πιστότητα την πραγματικότητα.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα βασικά βήματα για την επιλογή της κατάλληλης για την εφαρμογή μεθόδου προσομοίωσης. Τα σωστά βήματα για την επίτευξη ρεαλιστικής προσομοίωσης υφασμάτων σε εικονικά περιβάλλοντα αποτελούν ζητήματα κρίσιμα για τον σχεδιασμό συστήματος προσομοίωσης υφασμάτων.

## 4.2 Επιλογή Μεθόδου Προσομοίωσης

Η κατάλληλη επιλογή μιας μεθόδου προσομοίωσης και η αποτελεσματική εφαρμογή της αποτελούν ζητήματα κρίσιμα για τον σχεδιασμό ενός αποδοτικού συστήματος προσομοίωσης υφασμάτων. Η επιλογή αυτή γίνεται μετά από διάφορες εκτιμήσεις σχετικά με το είδος του προβλήματος που προσομοιώνεται.

Ανάμεσα σε αυτές τις εκτιμήσεις περιλαμβάνονται:

- **Μέγεθος του προβλήματος:** Σχετίζεται συνήθως με τον αριθμό των σωματιδίων που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν το μηχανικό σύστημα.
- **Επιθυμητή ακρίβεια:** Απεικονίζει την αριθμητική ανοχή μεταξύ της υπολογισμένης λύσης και της θεωρητικής εξέλιξης που αναμένεται.
- **Πλαίσιο προσομοίωσης:** Μπορεί να είναι ένας εκτενής υπολογισμός της κίνησης κατά μήκος του χρόνου ή μια απλή διαδικασία χαλάρωσης.

- **Δυσκαμψία του προβλήματος:** Σχετίζεται με τη δυσκαμψία των αλληλεπιδράσεων των σωματιδίων και το μέγεθος του επιλεγμένου χρονικού βήματος.
- **Χρόνος μιας επανάληψης και αριθμός μηχανικών παραγώγων:** Σχετίζονται με τις μεθόδους ολοκλήρωσης και τον υπολογισμό των δυνάμεων των σωματιδίων.

Η πρόκληση είναι να υπολογιστεί ακριβώς η εξέλιξη αριθμητικά, αντιμετωπίζοντας προβλήματα ανακρίβειας και αστάθειας. Αυτά τα στοιχεία συνδυάζονται για να καθοριστεί η βέλτιστη μέθοδος προσομοίωσης για το συγκεκριμένο πρόβλημα που αντιμετωπίζετε.

### 4.3 Προσομοίωση Υφασμάτων

Η προσομοίωση της εμφάνισης και συμπεριφοράς υφασμάτων σε εικονικά περιβάλλοντα περιλαμβάνει το συνδυασμό γραφικών υπολογιστών και μοντελοποίησης, με βάση τη φυσική και την επιστήμη υλικών.

Τα βασικά βήματα για την επίτευξη ρεαλιστικής προσομοίωσης υφασμάτων σε εικονικά περιβάλλοντα είναι τα ακόλουθα:

- **Μοντελοποίηση Ιδιοτήτων Υλικού:**
  - **Ιδιότητες Αντανάκλασης:** Καταγραφή της αντανάκλασης φωτός από διάφορα υφάσματα υπό διάφορες συνθήκες φωτισμού. Για τον υπολογισμό του τρόπου αντανάκλασης του φωτός στην επιφάνεια του υφάσματος χρησιμοποιείται το μοντέλο BRDF.
  - **Αμφίδρομη Συνάρτηση Κατανομής Ανάκλασης -BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) [29]:** είναι ένα μαθηματικό μοντέλο που περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο ένα υλικό αντανακλά το φως ανάλογα με την κατεύθυνση εισόδου του φωτός και την κατεύθυνση παρατηρητή. Συγκεκριμένα, το BRDF παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η επιφάνεια ενός υλικού διανέμει το φως που φτάνει σε αυτήν. Περιγράφει τις ιδιότητες ανάκλασης της επιφάνειας καθορίζοντας την ποσότητα ακτινοβολίας που προσπίπτει από μια κατεύθυνση που ανακλάται προς μια άλλη κατεύθυνση, σε σχέση με την κανονική επιφάνεια. Τα κύρια χαρακτηριστικά του BRDF είναι η συμμετρία μεταξύ της προσπίπτουσας και της ανακλώμενης διεύθυνσης και ότι η συνολική ανακλώμενη ισχύς για μια δεδομένη κατεύθυνση προσπίπτουσας ακτινοβολίας είναι μικρότερη ή ίση με την ενέργεια του προσπίπτοντος φωτός. Η φωτεινή ενέργεια που ανακλάται προς τα πίσω πρέπει να είναι μικρότερη ή ίση με το φως που εισέρχεται σε μια επιφάνεια. Στην επιφάνεια, η ακτίνα είτε ανακλάται είτε διαθλάται και μπορεί τελικά να απορροφηθεί από οποιοδήποτε μέσο.
  - **Διαφάνεια και Αδιαφάνεια:** Προσομοίωση της διαφάνειας και αδιαφάνειας των υφασμάτων.
- **Χαρτογράφηση Υφής:**
  - Χρήση υψηλής ποιότητας χαρτογραφία υφής για την αναπαράσταση των λεπτομερειών της επιφάνειας των υφασμάτων. Αυτό περιλαμβάνει το πρότυπο, την πλέξη και οποιεσδήποτε επιφανειακές ατέλειες. Η

---

χαρτογράφηση υφής βοηθά στη δημιουργία ρεαλιστικής οπτικής εμφάνισης.

- **Φυσική Προσομοίωση:**
  - Υλοποίηση μοντελοποίησης βασισμένης στη φυσική για την προσομοίωση των μηχανικών ιδιοτήτων των υφασμάτων, όπως ελαστικότητα, σκληρότητα και ρυτίδωση. Για να προσομοιώσουν τον τρόπο με τον οποίο τα υφάσματα παραμορφώνονται, παρουσία εξωτερικών δυνάμεων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλγόριθμοι προσομοίωσης ρούχων, όπως Συστήματα Μάζας-Ελατηρίου ή Μέθοδοι Πεπερασμένων Στοιχείων.
- **Συστήματα Σωματιδίων για Χαλαρά Στοιχεία:**
  - Για υφάσματα με χαλαρά στοιχεία όπως νήματα ή τρίχες, προτείνεται η χρήση συστημάτων σωματιδίων για την προσομοίωση της συμπεριφορά τους. Τα συστήματα σωματιδίων μπορούν να προσομοιώσουν την κίνηση και την αλληλεπίδραση των μεμονωμένων ινών ή νημάτων.
- **Δυναμική Ρυτίδωση και Πτυχώσεις:**
  - Ενσωμάτωση αλγορίθμου για δυναμική ρυτίδωση και πτυχώσεις για να προσομοιωθεί ο τρόπος που τα υφάσματα ανταποκρίνονται στην κίνηση ή σε εξωτερικές δυνάμεις.
- **Τεχνικές Πραγματικού Χρόνου για το Ρεαλισμό:**
  - Χρήση τεχνικών πραγματικού χρόνου για την επίτευξη διαδραστικών και οπτικών ελκυστικών προσομοιώσεων. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση shaders (σκίαστρες), μοντέλων φωτισμού και άλλες γραφικές τεχνολογίες για την ενίσχυση του ρεαλισμού της απεικόνισης του υφάσματος.
- **Διάδραση με Χρήστη:**
  - Υλοποίηση διαδραστικών χαρακτηριστικών που επιτρέπουν στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με το εικονικό ύφασμα. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει το τράβηγμα, το τέντωμα ή τον πτυσσόμενο χειρισμό του υφάσματος σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στους χρήστες να δουν πώς αντιδρά δυναμικά.
- **Επαναληπτική Ανάδραση με το Χρήστη:**
  - Συλλογή ανατροφοδότησης από τους χρήστες και επανάληψη του μοντέλου προσομοίωσης. Η συνεχής εκτίμηση βάσει της εμπειρίας των χρηστών μπορεί να οδηγήσει σε πιο ακριβείς και ικανοποιητικές προσομοιώσεις.
- **Μηχανική Μάθηση για Ρεαλισμό:**
  - Χρήση τεχνικών μηχανικής μάθησης για την βελτίωση του ρεαλισμού. Τα νευρωνικά δίκτυα (ΤΝΔ) μπορούν να εκπαιδευτούν για να προβλέπουν τη συμπεριφορά του υφάσματος βασιζόμενα στις φυσικές του ιδιότητες, βελτιώνοντας την ακρίβεια των προσομοιώσεων.
- **Ολοκλήρωση στο Εικονικό Περιβάλλον:**
  - Έλεγχος για την ομαλή ολοκλήρωση της προσομοίωσης του υφάσματος εντός μεγαλύτερων εικονικών περιβαλλόντων. Αυτό περιλαμβάνει τις αλληλεπιδράσεις με άλλα εικονικά αντικείμενα, συνθήκες φωτισμού και περιβαλλοντικούς παράγοντες.

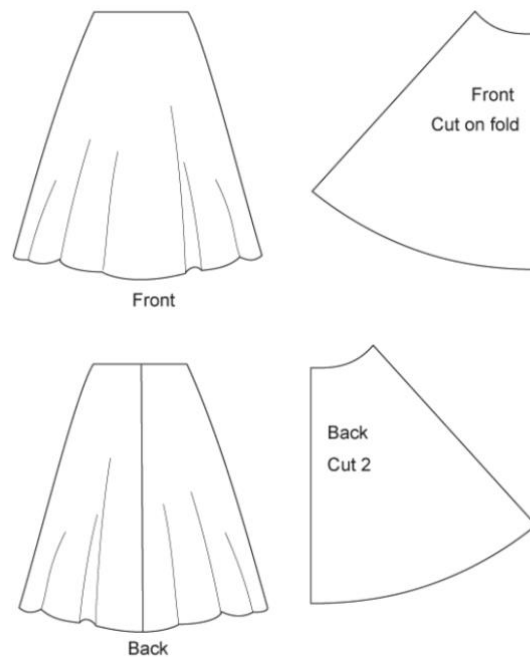
## 4.4 Διερεύνηση Εγκυρότητας της 3D Προσομοίωσης

Για την τρισδιάστατη προσομοίωση ενδυμάτων επιλέγεται σχετικό λογισμικό CAD. Το Patern Design Software (PDS) 3D της OptiTex είναι ένα από τα πιο ευρέως

---

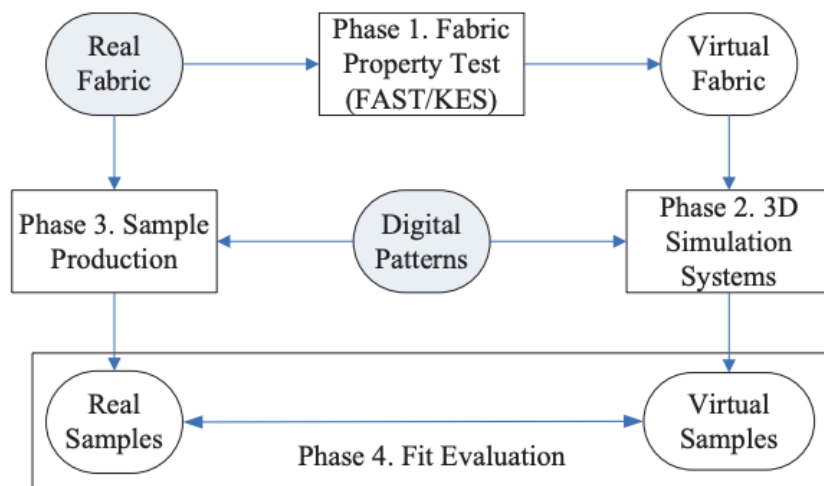
αποδεκτά συστήματα CAD ενδυμάτων και η τρισδιάστατη προσομοίωσή του έχει μεγάλη ευελιξία και ποιότητά της. Επιτρέπει στο χρήστη να εισάγει ιδιότητες υφάσματος για τον καθορισμό των υλικών υφάσματος στην προσομοίωση.

Για την αξιολόγηση της εγκυρότητας τρισδιάστατης (3D) προσομοίωσης ενδυμάτων, χρησιμοποιήθηκε, για δοκιμή εφαρμογής, μια φόρμα φορέματος. Αφορά ένα απλό σχέδιο φαρδιάς φούστας με άνοιγμα στο κέντρο και δημιουργείται ένα σύνολο σχεδίων για τη φαρδιά φούστα (Σχήμα 4.1). Το ίδιο σύνολο πατρών χρησιμοποιείται στην προσομοίωση και στην παραγωγή δειγμάτων. Ακόμα δοκιμάστηκαν διαφορετικοί τύποι υφαντών υφασμάτων που αντιπροσωπεύουν τα πιο δημοφιλή υφάσματα που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη προϊόντων ένδυσης και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διάφορες ομάδες ανάλογα με τις ιδιότητες του υφάσματος.



**Σχήμα 4.1:** Σχεδιασμός φούστας και μοτίβο.

Η αξιολόγηση της εγκυρότητας της τρισδιάστατης (3D) προσομοίωσης ενδυμάτων, αφορά μια μεθοδολογία τεσσάρων φάσεων: δοκιμή ιδιοτήτων υφάσματος, τρισδιάστατη προσομοίωση, παραγωγή πραγματικού δείγματος και σύγκριση εικονικού και πραγματικού δείγματος, (Σχήμα 4.2).



**Σχήμα 4.2:** Μεθοδολογία τεσσάρων φάσεων, για τη μελέτη της ακρίβειας προσομοίωσης ενδυμάτων.

**1<sup>η</sup> Φάση:** Έλεγχος των ιδιοτήτων του υφάσματος, (fabric property test):

**Είσοδος:** πραγματικό ύφασμα. **Έξοδος:** εικονικό ύφασμα.

Για τη μέτρηση των φυσικών ιδιοτήτων του υφάσματος χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι αντικειμενικής μέτρησης υφάσματος: FAST και KES. Τα αποτελέσματα των δοκιμών FAST και KES εισάγονται στο λογισμικό OptiTex για τον καθορισμό των υφασμάτων.

**2<sup>η</sup> Φάση:** Τρισδιάστατη προσομοίωση, (3D Simulation systems):

**Είσοδος:** εικονικό ύφασμα και ψηφιακό πρότυπο. **Έξοδος:** εικονικά δείγματα.

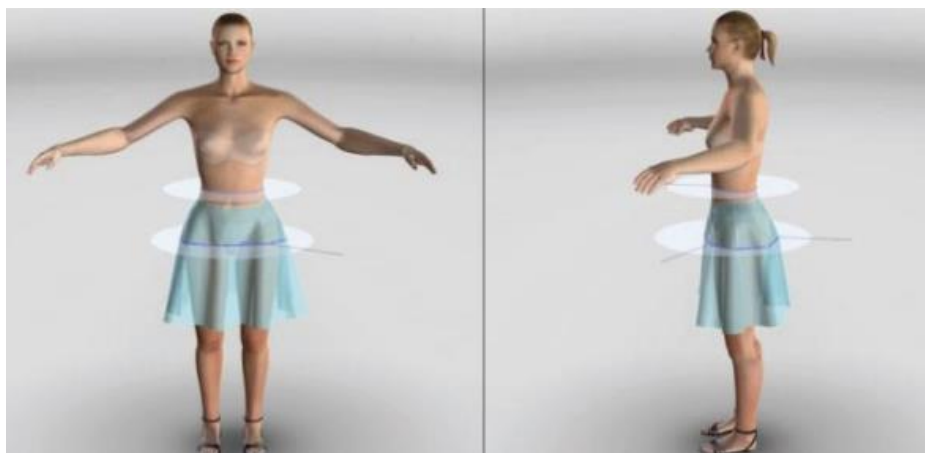
Για την τρισδιάστατη προσομοίωση, χρησιμοποιείται το προεπιλεγμένο τρισδιάστατο λογισμικό της OptiTex που επιτρέπει την εισαγωγή δεδομένων τρισδιάστατης σάρωσης ως μοντέλο προσαρμογής. Μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί με τον ορισμό όλων των μετρήσεων του σώματος για να δημιουργήσει ένα μοντέλο με βάση τις προδιαγραφές των μετρήσεων της τυποποιημένης φόρμας ενδυμασίας (Σχήμα 4.3). Η ίδια φόρμα ενδυμασίας χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της εφαρμογής των πραγματικών δειγμάτων.



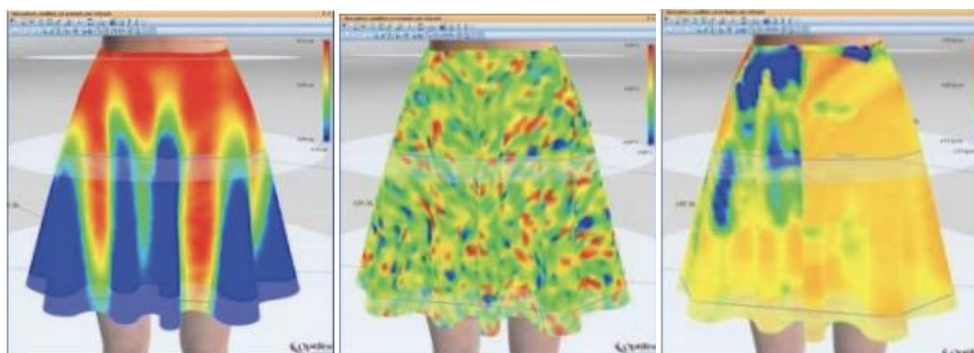
**Σχήμα 4.3:** Προσαρμοσμένο μοντέλο και τυποποιημένη φόρμα φορέματος.

Για να εξασφαλιστεί το ακριβές σχήμα του εικονικού μοντέλου και της φόρμας, το προσαρμοσμένο μοντέλο μπορεί να εξαχθεί σε ένα τυπικό τρισδιάστατο αρχείο, όπως το αρχείο WRL (Virtual Reality Modeling Language). Το εξαγόμενο μοντέλο συγκρίνεται με το σαρωμένο μοντέλο φόρμας ενδυμασίας με τη χρήση λογισμικού **αντίστροφης μηχανικής** π.χ. RapidForm. Είναι ένα λογισμικό αντίστροφης μηχανικής που συνδυάζει το CAD με την επεξεργασία δεδομένων σάρωσης 3D και επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν παραμετρικά, επεξεργάσιμα συμπαγή μοντέλα για ότι μπορούν να σαρώσουν.

Τα δεδομένα των υφασμάτων που λαμβάνονται από το σύστημα FAST, της 1<sup>ης</sup> φάσης, εισάγονται στο λογισμικό OptiTex, για τον ορισμό των 20 υφασμάτων. Για τον ορισμό του υφάσματος στο λογισμικό προσομοίωσης χρησιμοποιούνται πέντε ιδιότητες: **εκτασιμότητας**, της **ακαμψίας κάμψης**, της **ακαμψίας διάτμησης**, του **πάχους επιφάνειας** και **βάρους** από τις δοκιμές FAST. Τα κομμάτια μοτίβου μιας φούστας (Σχήμα 4.1) ράβονται εικονικά γύρω από το μοντέλο, όπως φαίνεται στην εικόνα στου Σχήματος 4.4. Μεταξύ των 20 τύπων υφασμάτων, 5 τύποι επιλέγονται τυχαία για να κοπούν ευθύγραμμα, ενώ οι υπόλοιποι κόβονται με διαγώνιο τρόπο. Το λογισμικό προσομοίωσης παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες για την αξιολόγηση της εφαρμογής, π.χ. την τιμή του κενού που περιγράφει την απόσταση μεταξύ του εικονικού ενδύματος και της επιφάνειας του μοντέλου, τους χάρτες τεντώματος και τάσης του υφάσματος (Σχήμα 4.5). Προκειμένου να συγκριθεί το προσομοιωμένο σχήμα ή το τύλιγμα με το πραγματικό δείγμα ενδύματος, οι εικόνες μπροστινής όψης, πλαϊνής όψης και οπίσθιας όψης λαμβάνονται από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.



**Σχήμα 4.4:** 3D προσομοίωση.



**Σχήμα 4.5:** Χάρτες τεντώματος και τάσης του υφάσματος.

**3<sup>η</sup> Φάση:** Παραγωγή πραγματικού δείγματος:

**Είσοδος:** πραγματικό ύφασμα και ψηφιακό πρότυπο. **Έξοδος:** πραγματικά δείγματα.

Στην τρίτη φάση, κατασκευάζονται 20 πραγματικά δείγματα με τους 20 τύπους υφασμάτων και τα δείγματα τοποθετούνται στη φόρμα για την αξιολόγηση της εφαρμογής (Σχήμα 3.6). Παρόλο που η τρισδιάστατη σάρωση σώματος μπορεί να εφαρμοστεί για την αξιολόγηση της εφαρμογής [30], δεν επιλέγεται στην παρούσα μελέτη, επειδή η τεχνολογία τρισδιάστατης σάρωσης είναι καλή μόνο για την αξιολόγηση ενδυμάτων με στενή εφαρμογή ή απλά προσαρμοσμένων ενδυμάτων. Για τα ενδύματα χαλαρής εφαρμογής, κάποιο τμήμα της επιφάνειας του ενδύματος δεν μπορεί να σαρωθεί λόγω των πτυχών και των φαλτσών και τα δεδομένα που θα προκύψουν θα περιέχουν πολύ θόρυβο. Αντ' αυτού, λαμβάνονται φωτογραφίες για τις μπροστινές, πλαϊνές και πίσω όψεις κάθε δείγματος ενδύματος. Το σχήμα και το τύλιγμα αναλύονται με την εξαγωγή μετρήσεων από τις φωτογραφίες.



**Σχήμα 4.6:** Φωτογραφία πραγματικού δείγματος.

**4<sup>η</sup> Φάση:** Σύγκριση εικονικού και πραγματικού δείγματος.

**Είσοδος:** εικονικό και πραγματικό δείγμα. **Έξοδος:** αξιολόγηση ακαταλληλότητας.

Παίρνοντας ως Είσοδο τις Εξόδους των τελευταίων δυο φάσεων (2η Φάση και 3η φάση), γίνεται σύγκριση του εικονικού με το πραγματικό δείγμα και έχει ως έξοδο την αξιολόγηση ακαταλληλότητας.

## 4.5 Εκτύπωση 3D

Η **Coco Chanel** είπε κάποτε:

*«Για να είναι κανείς αναντικατάστατος, πρέπει πάντα να είναι διαφορετικός».*

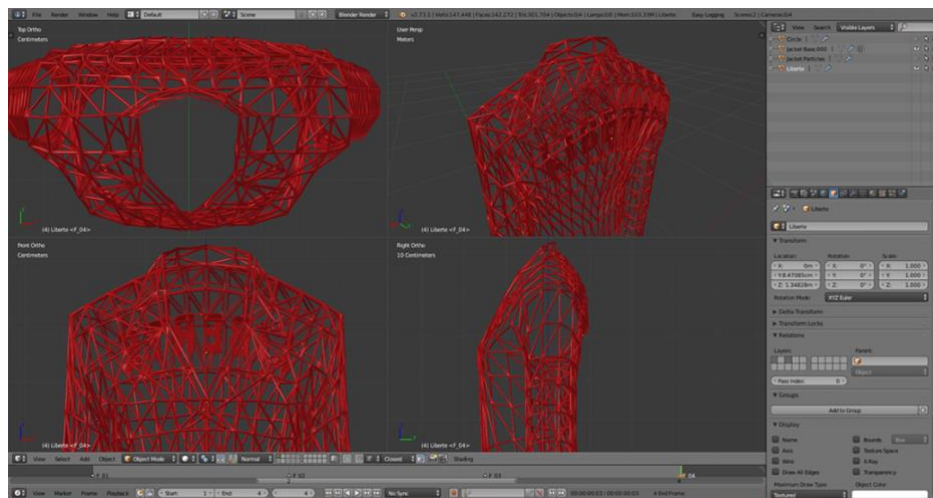
Τολμώντας τη διαφορετικότητα, μια πρωτοπόρα κίνηση ήταν η 3D εκτύπωση (Σχήμα 4.7).



**Σχήμα 4.7:** 3D εκτυπωτής ρούχων.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση ρούχων είναι μια διαδικασία κατασκευής ενδυμάτων με εκτύπωση σε κομμάτια, χρησιμοποιώντας εύκαμπτο κυκλικό νήμα το οποίο στη συνέχεια εκτυπώνεται με επιτραπέζιο 3D εκτυπωτή, στρώμα επί στρώμα, για να δημιουργηθούν τρισδιάστατα δομημένα ρούχα που προσαρμόζονται στο σχήμα του σώματος.

Το FDM (Fused Deposition Modeling) [39] είναι μια από τις τεχνικές τρισδιάστατης εκτύπωσης, στην οποία το υλικό λιώνει μέσα σε μια θερμαινόμενη κεφαλή εκτύπωσης σχηματίζοντας ένα λεπτό εύκαμπτο κορδόνι καθώς περνάει μέσα από ένα ακροφύσιο εξώθησης. Το πρώτο στρώμα αυτού του λιωμένου υλικού εναποτίθεται σε μια ημι-κολλώδη πλατφόρμα. Στη συνέχεια, η κεφαλή εκτύπωσης ανεβαίνει στο δεύτερο στρώμα και το υλικό εναποτίθεται διαδοχικά μέχρι να σχηματιστεί το αντικείμενο.



**Σχήμα 4.8:** Προσχέδιο, έτοιμο για εκτύπωση.

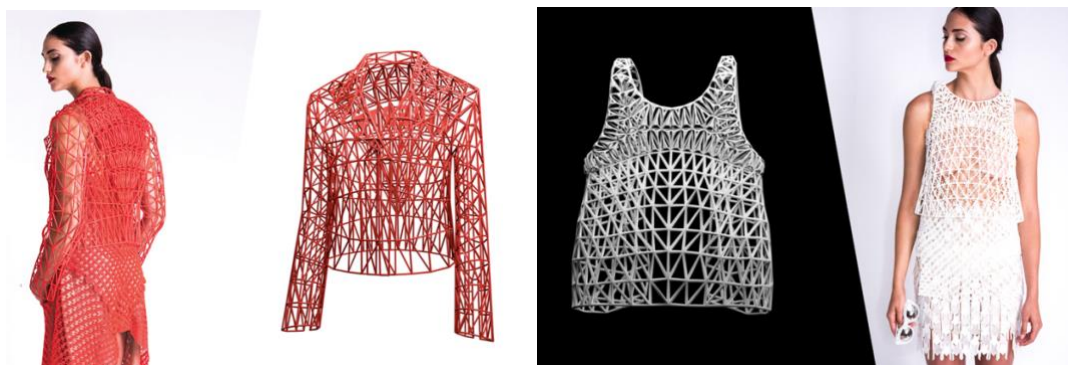
Η Iris Van Herpen [38] ήταν η πρώτη σχεδιάστρια μόδας που ανέδειξε τρισδιάστατα εκτυπωμένα ρούχα στη σκηνή της μόδας (Σχήμα 4.9).



**Σχήμα 4.9:** Παρίσι Ιανουάριος 2013 συλλογές ραπτικής της Van Herpen [38].

Danit Peleg / Danit Peleg 3d / Danit Peleg Nft Collection / "Liberty Leading The People"

Η «Liberty Leading the People», η πρώτη συλλογή μόδας στον κόσμο που εκτυπώθηκε εξ ολοκλήρου χρησιμοποιώντας επιτραπέζιους 3D εκτυπωτές (Σχήμα 4.10).



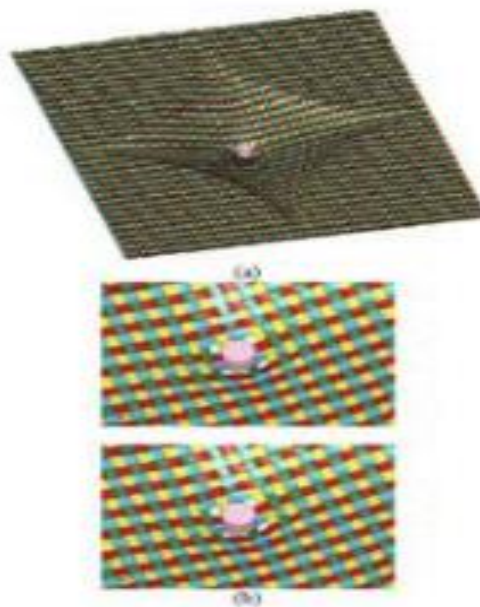
**Σχήμα 4.10:** Συλλογή Liberty Leading the People.

## 4.6 Προσομοίωση Μηχανικών Ιδιοτήτων Υφάσματος

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση ενδυμάτων και υφασμάτων, σε εικονικά περιβάλλοντα. Η μέθοδος καθορίζεται συνήθως από το επίπεδο ακρίβειας που απαιτείται και από τη μηχανική που εμπλέκεται. Κατά τη χρήση υφάσματος στην Ανάλυση Πεπερασμένων Στοιχείων μπορεί να είναι απαραίτητο να μοντελοποιηθεί κάθε ίνα του υφάσματος ή να χρησιμοποιηθεί ένα λεπτό υλικό κελύφους με τις κατάλληλες ιδιότητες υλικού.

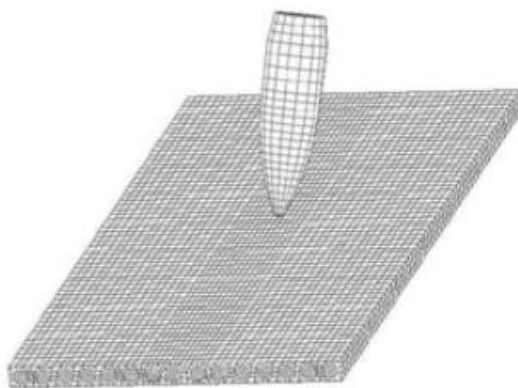
Τα λογισμικά εργαλεία FEA solvers, (Finite Element Analysis solver), που χρησιμοποιούνται για να πραγματοποιούν αριθμητικές προσομοιώσεις βασισμένες στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, έχουν χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση της αποτελεσματικότητας διαφόρων συστημάτων προστασίας ρουχισμού (Textile Protection Systems). Αρκετοί ερευνητές έχουν προσομοιώσει με επιτυχία βλήματα που έρχονται σε επαφή με συστήματα προστασίας ρουχισμού.

Οι Cheeseman et.al. [28] κατασκεύασαν ένα ψηφιακό μοντέλο, το Kevlar, που περιλαμβάνει κάθε κομμάτι ίνας που μοντελοποιήθηκε ψηφιακά. Η προσομοίωση ήταν μόνο ένα μικρό τετραγωνικό κομμάτι (5x5cm) ύφασμα. Η μοντελοποίηση ολόκληρου ενδύματος με κάθε ίνα κλωστής του υφάσματος όχι μόνο θα ήταν περίπλοκη στην κατασκευή, αλλά θα απαιτούσε και μεγάλο υπολογιστικό χρόνο. Στο Σχήμα 4.11 φαίνεται το παραμορφωμένο πλέγμα του υφασμάτινου στρώματος Kevlar, στο οποίο προσκρούει κυλινδρικό βλήμα.



**Σχήμα 4.11:** (α) Παραμορφωμένο πλέγμα στρώματος υφάσματος Kevlar 5x5 που προσκρούει σε κυλινδρικό βλήμα. (β) Κοντινή άποψη της προσκρουσμένης περιοχής [28].

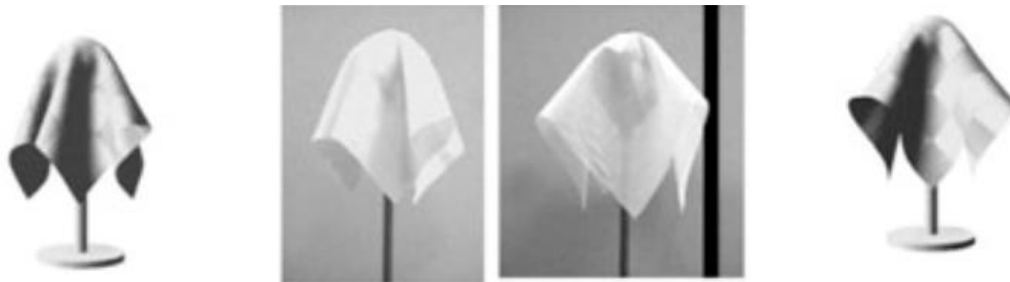
Ομοίως, οι Gu και Ding [31] χρησιμοποίησαν το λογισμικό FEA για να προσομοιώσουν αντικείμενο που προσκρούει σε ένα άλλο υφασμάτινο υλικό που ονομάζεται Twaron, το οποίο είναι παρόμοιο με το Kevlar. Είναι μια ανθεκτική στη θερμότητα και ισχυρή συνθετική ίνα που αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Ωστόσο, εδώ χρησιμοποίησαν ένα στερεό μοντέλο με πολλά στοιχεία για να αναπαραστήσουν το μοντέλο του υφάσματος. Αντιμετώπισαν το στρώμα του υφάσματος τους σαν ένα σύνθετο υλικό που αποτελείται από πολλά διαφορετικά στρώματα ελάσματος για να αποκτήσουν ιδιότητες υλικού, στην αναπαράσταση του Twaron. Ένα στερεό μοντέλο που απαιτεί σημαντικά λιγότερο χρόνο για να μοντελοποιηθεί σε σχέση με ένα μοντέλο που περιέχει κάθε κλώνο ίνας. Στο Σχήμα 4.12 παρουσιάζεται πλέγμα κεκλιμένου ελάσματος και βλήματος. Το βλήμα και το γεωμετρικό μοντέλο του τρισδιάστατου πλεγμένου του σύνθετου υλικού δικτυώθηκαν με στερεά στοιχεία εξαέδρου οκτώ κόμβων.



**Σχήμα 4.12:** Βλήμα και γεωμετρικό μοντέλο του τρισδιάστατου πλεγμένου σύνθετου υλικού δικτυώθηκαν με στερεά στοιχεία εξαέδρου οκτώ κόμβων.

Οι Wu et al. [32], χρησιμοποίησαν ιδιότητες υλικών για να μοντελοποιήσουν ρεαλιστικά το ύφασμα σε προσομοιώσεις Draping\*. Για την προσομοίωση υφάσματος, η γεωμετρική παραμόρφωση σχετίζεται με τη συνάρτηση ενέργειας μέσω των υλικών ιδιοτήτων του υφάσματος. Η επίλυση των υλικών ιδιοτήτων του υφάσματος μπορεί να είναι εξαιρετικά δύσκολη. Για την επίλυση των μηχανικών ιδιοτήτων του υφάσματος χρησιμοποιείται το σύστημα αξιολόγησης Kawabata. Το Kawabata Evaluation system είναι σε θέση να σχεδιάζει δεδομένα δοκίμων από δοκιμές εφελκυσμού, διάτμησης και κάμψης υφάσματος.

Οι Wu et al. είναι σε θέση να εκτελέσουν προσομοίωση draping σε ύφασμα με τις μετρημένες και υπολογισμένες υλικές ιδιότητες του υφάσματος (Σχήμα 4.13).



**Σχήμα 4.13:** Αποτελέσματα της χρήσης των ιδιοτήτων των υλικών στην προσομοίωση. Οι εικόνες δείχνουν σύγκριση της πραγματικής εικόνας του βαμβακιού με την προσομοιωμένη εικόνα.

\*Draping είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοτίβων χειραγωγώντας και καρφιστώνοντας ύφασμα σε μια φόρμα φορέματος. Είναι μια τεχνική που χρησιμοποιούν οι σχεδιαστές μόδας για να εξερευνήσουν τη συγχώνευση υφάσματος, σχήματος και εφαρμογής

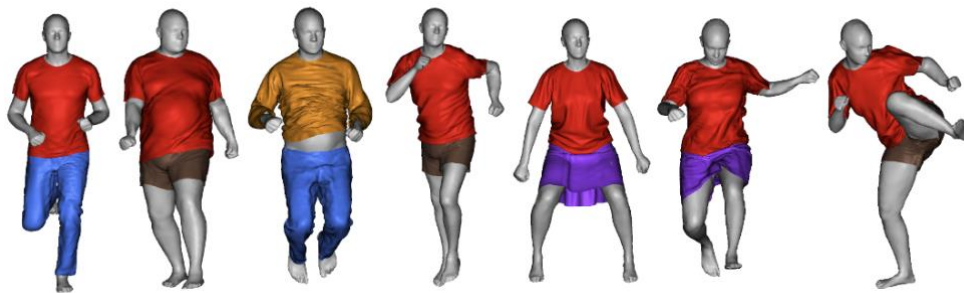
## 4.7 Το Μοντέλο Ένδυσης DRAPE

Το μοντέλο ένδυσης DRAPE (**D**Ressing **A**ny **P**erson - Ντύσιμο Οποιοδήποτε Ατόμου), αναφέρεται σε ένα πλήρες σύστημα για την δημιουργία ρεαλιστικών ενδυμάτων σε συνθετικά σώματα, οποιουδήποτε σχήματος και πόζας, χωρίς χειροκίνητη παρέμβαση.

Το μοντέλο εκπαιδεύεται από προσομοίωση ένδυσης σε σώματα διαφορετικών σχημάτων και στάσεων [32]. Έχει την επιθυμητή ιδιότητα να αντιμετωπίζει τις παραμορφώσεις του ρουχισμού που οφείλονται στο σχήμα του σώματος από εκείνες που οφείλονται στη μεταβολή της πόζας. Αυτή η παραγοντοποίηση παρέχει μια προσέγγιση της φυσικής παραμόρφωσης του ενδύματος και απλοποιεί σημαντικά τη σύνθεση του ενδύματος. Δεδομένου ενός παραμετροποιημένου μοντέλου του ανθρώπινου σώματος με γνωστές παραμέτρους σχήματος και πόζας, περιγράφεται ένας αλγόριθμος που ντύνει το σώμα με ένα ένδυμα που προσαρμόζεται στην εφαρμογή.

Το DRAPE μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ντύσει στατικά σώματα ή κινούμενες ακολουθίες με ένα μαθημένο μοντέλο της δυναμικής του υφάσματος. Δεδομένου ότι η μέθοδος είναι πλήρως αυτοματοποιημένη, είναι κατάλληλη για το ντύσιμο μεγάλου αριθμού εικονικών χαρακτήρων διαφορετικού σχήματος.

Το μοντέλο DRAPE αναφέρεται συνήθως στη διαδικασία του να καλύπτεται ή να τυλίγεται ύφασμα γύρω από ένα αντικείμενο ή το σώμα, προσομοιώνοντας έτσι το πώς το ύφασμα "κρέμεται" ή "πέφτει" στην πράξη. Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί σε εικονικά περιβάλλοντα, κυρίως στο χώρο της ψηφιακής μόδας, όπου τα εικονικά ρούχα χρησιμοποιούνται για να παρουσιαστούν σε διάφορες πλατφόρμες.



**Σχήμα 4.14:** Το DRAPE επιτρέπει σε τρισδιάστατα ανθρώπινα σώματα, σε οποιαδήποτε στάση, οποιοδήποτε σχήματος, να ντυθούν [32].

Το DRAPE είναι ένα μαθημένο μοντέλο ρούχων που επιτρέπει σε τρισδιάστατα ανθρώπινα σώματα, οποιοδήποτε σχήματος ή στάσης να ντυθούν. Η ρεαλιστική παραλλαγή του σχήματος των ρούχων επιτυγχάνεται χωρίς φυσική προσομοίωση και το ντύσιμο οποιοδήποτε σώματος είναι εντελώς αυτόματο κατά το χρόνο εκτέλεσης (Σχήμα 4.14).

Η διαδικασία DRAPE εμπλέκει συνήθως τη χρήση τεχνικών ψηφιακής σχεδίασης και προσομοίωσης για να δημιουργήσει εικονικά ρούχα που αντικατοπτρίζουν τον πραγματικό χαρακτήρα του υφάσματος. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές όπως εικονική δοκιμή ενδυμάτων και δημιουργία εικονικών καταστημάτων μόδας, με σημαντική εξοικονόμηση χρόνου και πόρων κατά τη διαδικασία σχεδιασμού και παραγωγής. Λειτουργεί με τη χρήση ψηφιακών εργαλείων για την προσομοίωση της συμπεριφοράς του υφάσματος και τον εικονικό σχεδιασμό ενδυμάτων. Αν και υπάρχουν διάφορες μέθοδοι, το βασικό βήμα είναι να δημιουργηθεί ένα ψηφιακό μοντέλο του ρούχου και να εφαρμοστούν ψηφιακές τεχνικές προσομοίωσης ώστε να αντικατοπτρίζουν την κίνηση, την ελαστικότητα και τη συμπεριφορά του υφάσματος.

Τα βασικά βήματα περιλαμβάνουν:

- **Ψηφιακή Δημιουργία Μοντέλου:** Δημιουργείται ένα ψηφιακό 3D μοντέλο του ρούχου χρησιμοποιώντας λογισμικό σχεδίασης ή 3D μοντελοποίησης.
- **Προσθήκη Υφάσματος:** Εφαρμόζονται ψηφιακά υφάσματα στο μοντέλο, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά τους, όπως ελαστικότητα, ευκαμψία, και υφαντική δομή.
- **Ψηφιακή Προσομοίωση (Draping):** Το λογισμικό προσομοιώνει τον τρόπο με τον οποίο το ύφασμα θα κρεμιόταν ή θα "έπεφτε" πάνω στο μοντέλο, λαμβάνοντας υπόψη τις δυνάμεις, τις κινήσεις και τα χαρακτηριστικά του ρούχου και του υφάσματος.
- **Προβολή και Αξιολόγηση:** Αξιολόγηση του αποτελέσματος προσομοίωσης, βλέποντας πώς το ρούχο "εφαρμόζει" στο μοντέλο, πώς αντιδρά στις κινήσεις και πώς επηρεάζεται από τη βαρύτητα.

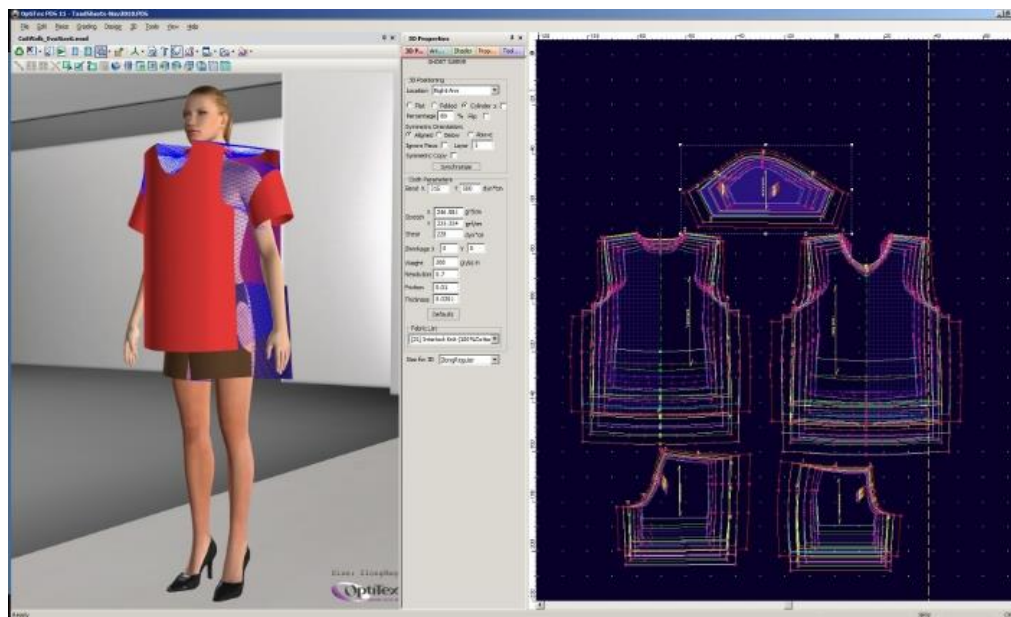
Η DRAPE επιτρέπει στους σχεδιαστές μόδας να δουν πώς τα ρούχα τους θα συμπεριφέρονται στον πραγματικό κόσμο χωρίς την ανάγκη κατασκευής φυσικών πρωτοτύπων.

Η μέθοδός μας προσφέρει ένα παραμορφώσιμο μοντέλο ενδυμάτων που προσαρμόζεται αυτόματα σε νέα σώματα. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο DRAPE για έναν συγκεκριμένο τύπο ρούχων, μπορεί να ντυθεί οποιοδήποτε σώμα με αυτό το ρούχο.

Η εκπαίδευση ενός μοντέλου DRAPE απαιτεί ένα σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης πλέγματα ρούχων που προσαρμόζονται σε διαφορετικά σχήματα σώματος και ένα σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης στάσεων με ένα μόνο πρότυπο σώμα σε πολλαπλές στάσεις.

Για να προετοιμαστούν τα δεδομένα εκπαίδευσης, δημιουργήθηκαν 2D διαβαθμισμένα πρότυπα, για μπλουζάκια, σορτς, μακρυμάνικα πουκάμισα, μακριά παντελόνια και φούστες. Αυτό έγινε χρησιμοποιώντας ένα εμπορικό λογισμικό σχεδιασμού και τρισδιάστατης προσομοίωσης (OptiTex International).

Στο Σχήμα 4.15 απεικονίζεται η τυπική διαδικασία σχεδιασμού. Παρατηρείται ένα στιγμιότυπο οθόνης από ένα εμπορικό σύστημα λογισμικού σχεδιασμού μοτίβων (OptiTex) που δείχνει διαβαθμισμένα μοτίβα για το μπλουζάκι και το σορτς, με τα σημεία διαβάθμισης να επισημαίνονται ως μοβ κουκκίδες. Ορισμένα κομμάτια, όπως τα μανίκια, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν τόσο για την αριστερή όσο και για τη δεξιά πλευρά. Ο κεντρικός πίνακας (Σχήμα 4.15β) ελέγχει τις παραμέτρους της προσομοίωσης του υφάσματος. Αριστερά, (Σχήμα 4.15α), εμφανίζεται η αρχική τοποθέτηση του υφάσματος με τις μπλε γραμμές να υποδεικνύουν τα σημεία που θα ραφτούν κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.



(α)

(β)

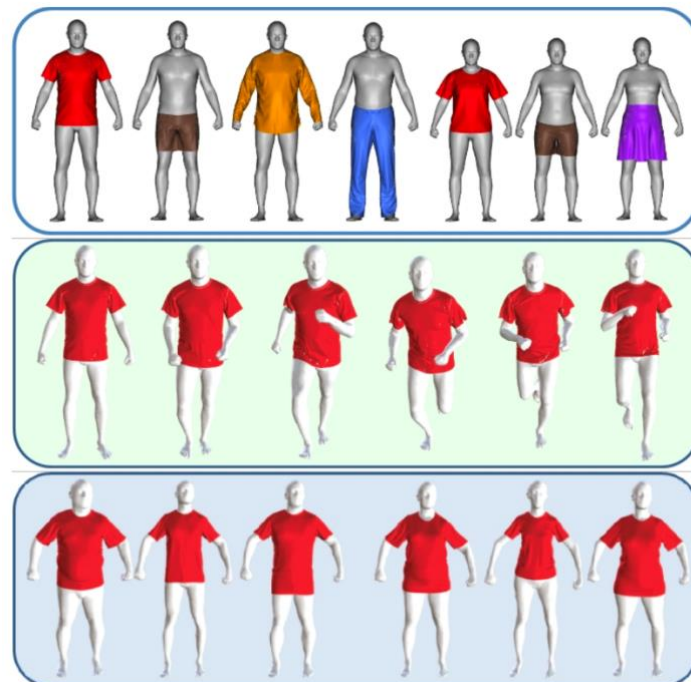
(γ)

**Σχήμα 4.15 (α,β,γ):** Σχεδιασμός προτύπων μέσω του OptiTex.

Το Σχήμα 4.16 δείχνει παραδείγματα των ενδυμάτων εκπαίδευσης. Ένα ένδυμα ορίζεται σε 2D από έναν αριθμό "σημείων διαβάθμισης" (μοβ σημεία στο Σχήμα 4.15), τα οποία μοντελοποιούν διαφορετικά μεγέθη [32]. Τα διαφορετικά μεγέθη του ίδιου

ενδύματος δεν είναι απλώς κλιμακωτές εκδοχές του άλλου. Η προσομοίωση του ενδύματος απαιτεί πρώτα τη χειροκίνητη επιλογή του κατάλληλου μεγέθους προτύπου και την τοποθέτηση των κομματιών του ενδύματος σε τρισδιάστατη μορφή.

Για την παραμόρφωση των ενδυμάτων χρησιμοποιείται ένα μοναδικό ανδρικό και ένα μοναδικό γυναικείο άβαταρ που αναπαρίστανται ως μοντέλα σώματος SCAPE [33]. Χρησιμοποιείται το μέσο ανδρικό και το μέσο γυναικείο σχήμα σώματος. Χρησιμοποιώντας 23 διαφορετικές ακολουθίες καταγραφής κίνησης κινώντας τα άβαταρ SCAPE και χρησιμοποιώντας το OptiTex για την προσομοίωση του ρουχισμού σε κάθε καρέ (Σχήμα 4.16). Αυτές οι ακολουθίες κίνησης καταγράφουν ένα ευρύ φάσμα στάσεων του σώματος και περιλαμβάνουν περπάτημα, τρέξιμο, άλμα, κλωτσιές, στροφή, κάμψη των ποδιών κλπ.



**Σχήμα 4.16:** Παραδείγματα δεδομένων εκπαίδευσης [32].

Για κάθε ακολουθία προσομοιώνονται διαφορετικοί τύποι ρουχισμού: T-shirt, σορτς και φούστα για τη γυναίκα και T-shirt, σορτς, μακριά μανίκια και μακριά παντελόνια για τον άνδρα.

Τα εκπαιδευτικά σύνολα πόζας ένδυσης αποτελούνται από περισσότερες από 3.500 διαφορετικές πόζες με 4 ανδρικά ενδύματα και 3 γυναικεία ενδύματα, για ένα σύνολο  $3.500 \times 7 = 24.500$  περιπτώσεων ένδυσης.

Το μοντέλο DRAPE είναι σε θέση να συνδυάζει μοντέλα ρούχων για το άνω και το κάτω μέρος του σώματος για να παράγει συνδυασμούς.

Τέλος, για τα σύνολα εκπαίδευσης σχήματος, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο σώματος SCAPE για να δημιουργήσει 60 άνδρες και 60 γυναίκες που καλύπτουν μια μεγάλη

---

ποικιλία σχημάτων σώματος. Κάθε σώμα βρίσκεται στην ίδια κανονική "πρότυπη" πόζα που παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.16 (κάτω).



**Βίντεο 3: DRAPE.**

## 4.8 Προκλήσεις και Ευκαιρίες στις Προσομοιώσεις

Η ανάλυση των προκλήσεων και των ευκαιριών, των εφαρμογών προσομοίωσης υφασμάτων σε διαδραστικά περιβάλλοντα, περιλαμβάνει την εξέταση διαφόρων παραγόντων και δίνεται στην συνέχεια.

### 4.8.1 Προκλήσεις

- **Υπολογιστική πολυπλοκότητα:**
  - Οι προσομοιώσεις υφασμάτων περιλαμβάνουν πολύπλοκους υπολογισμούς, όπως η **ανίχνευση συγκρούσεων**, η **ακαμψία** και η **συμπεριφορά του υφάσματος**. Η υλοποίηση αυτών των προσομοιώσεων σε διαδραστικές εφαρμογές πραγματικού χρόνου απαιτεί σημαντικούς υπολογιστικούς πόρους, οι οποίοι μπορεί να επιβαρύνουν την απόδοση του συστήματος.
  - Η ανίχνευση συγκρούσεων είναι ένα πολύ κρίσιμο σημείο για το σχεδιασμό ενός γρήγορου συστήματος προσομοίωσης υφασμάτων. Είναι απαραίτητο για τον ρεαλισμό των προσομοιώσεων ενδυμάτων, καθώς το τελικό σχήμα των υφασμάτων καθορίζεται κυρίως από τον τρόπο με τον οποίο αλληλοεπιδρούν με το υποκείμενο σώμα.
  - Έχοντας ένα αντικείμενο υφάσματος που αποτελείται από ένα πολυγωνικό πλέγμα που περιέχει εκατοντάδες πολύγωνα, και δεδομένου ότι ορισμένα

---

αντικείμενα της σκηνής (π.χ. το σώμα) μοντελοποιούνται με τον ίδιο τρόπο, το πρόβλημα της ανίχνευσης σύγκρουσης είναι να προσδιοριστεί ποια από τα πολύγωνα βρίσκονται σε επαφή.

- Είναι αδύνατον να ελεγχθεί γεωμετρικά κάθε πιθανό ζεύγος πολυγώνων, καθώς η διαδικασία αυτή είναι ανάλογη με το τετράγωνο του συνολικού αριθμού των πολυγώνων.
- **Αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο:**
  - Οι διαδραστικές εφαρμογές απαιτούν άμεσες απαντήσεις στις εισόδους του χρήστη. Ωστόσο, οι προσομοιώσεις υφασμάτων περιλαμβάνουν συνήθως περίπλοκους υπολογισμούς που μπορεί να μην είναι εφικτό να εκτελεστούν σε πραγματικό χρόνο, ειδικά για πολύπλοκα μοντέλα υφασμάτων ή λεπτομερείς προσομοιώσεις.
- **Ακρίβεια φυσικής:**
  - Η επίτευξη ακριβής συμπεριφοράς υφάσματος σε προσομοιώσεις πραγματικού χρόνου με ταυτόχρονη διατήρηση της απόδοσης αποτελεί πρόκληση. Αλλά και η εξισορρόπηση της υπολογιστικής απόδοσης με τη φυσική ακρίβεια αποτελεί σημαντική πρόκληση, ιδίως για εφαρμογές που απαιτούν προσομοιώσεις υψηλής πιστότητας.
- **Εμπειρία χρήστη:**
  - Οι χρήστες αναμένουν ομαλές και διαισθητικές αλληλεπιδράσεις με τις προσομοιώσεις υφασμάτων. Οι μεγάλοι χρόνοι προσομοίωσης ή οι καθυστερήσεις στην απόκριση μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την εμπειρία του χρήστη και την εμπλοκή του με την εφαρμογή.

#### **4.8.2 Ευκαιρίες**

- **Οπτικός ρεαλισμός:**
  - Οι προσομοιώσεις υφασμάτων ενισχύουν τον οπτικό ρεαλισμό των διαδραστικών εφαρμογών, παρέχοντας ρεαλιστική κίνηση και παραμόρφωση του υφάσματος. Αυτό μπορεί να βελτιώσει την εμπύθιση και την εμπλοκή του χρήστη, ιδίως σε εικονικά περιβάλλοντα, παιχνίδια και εικονικές εμπειρίες δοκιμής.
- **Προσαρμογή και έλεγχος:**
  - Οι διαδραστικές προσομοιώσεις υφασμάτων προσφέρουν ευκαιρίες στους χρήστες να προσαρμόζουν και να ελέγχουν τις ιδιότητες του υφάσματος, όπως η ακαμψία, η ελαστικότητα και η τριβή. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να δημιουργήσουν μοναδικές συμπεριφορές υφάσματος προσαρμοσμένες στις προτιμήσεις τους ή στις συγκεκριμένες απαιτήσεις εφαρμογών.
- **Δημιουργική έκφραση:**
  - Οι διαδραστικές προσομοιώσεις υφασμάτων παρέχουν στους καλλιτέχνες και τους σχεδιαστές εργαλεία για δημιουργική έκφραση και πειραματισμό. Χειριζόμενοι τις παραμέτρους του υφάσματος και παρατηρώντας τις αντιδράσεις σε πραγματικό χρόνο, οι χρήστες μπορούν να εξερευνήσουν νέες ιδέες σχεδιασμού και καλλιτεχνικές έννοιες.

---

Συμπερασματικά, ενώ η υλοποίηση προσομοιώσεων υφασμάτων σε διαδραστικές εφαρμογές παρουσιάζει προκλήσεις που σχετίζονται με την υπολογιστική πολυπλοκότητα, την αλληλεπίδραση σε πραγματικό χρόνο και την εμπειρία του χρήστη, προσφέρει επίσης ευκαιρίες για την ενίσχυση του οπτικού ρεαλισμού, την προσαρμογή και τη δημιουργική έκφραση.

---

# 5 Εικονική Δοκιμή για Ρούχα

## 5.1 Εισαγωγή

Το ηλεκτρονικό εμπόριο προσφέρει μια ραγδαία αύξηση στις πωλήσεις στη μόδα με αποτέλεσμα οι καταναλωτές με γνώσεις τεχνολογίας να αντιλαμβάνονται πλέον τις ψηφιακές λύσεις όχι ως πολυτέλεια, αλλά ως αναμενόμενο πρότυπο.

Χρησιμοποιώντας τεχνολογία εικονικής δοκιμής, (Virtual Try-on for Clothing), οι οίκοι μόδας και οι επιχειρήσεις μπορούν να συνδυάσουν το φυσικό και το εικονικό για να δημιουργήσουν μια εμπειρία που είναι ασφαλής, βολική και αποτελεσματική για τους πελάτες, είτε στο διαδίκτυο είτε στο κατάστημα.

## 5.2 Τρισδιάστατη (3D) Απεικόνιση

Η σημασία των εικόνων των προϊόντων και το θετικό αντίκτυπο που έχουν στους καταναλωτές είναι μεγάλο. Όταν οι καταναλωτές βλέπουν ένα μοντέλο να φοράει ένα ρούχο, τους είναι πιο εύκολο να αποκτήσουν μια εικόνα της τελικής του εμφάνισης και εφαρμογής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνεται το ποσοστό αγοράς και να μειώνονται οι επιστροφές προϊόντων.

Ως Τρισδιάστατη (3D) απεικόνιση προϊόντων, εννοούμε τη χρήση ρούχων που δημιουργούνται με τεχνητή νοημοσύνη σε μοντέλα που επίσης δημιουργούνται με τεχνητή νοημοσύνη για την πώληση τους σε πλατφόρμες ηλεκτρονικού εμπορίου.

Πρόκειται για μια τεχνολογικά υποστηριζόμενη λύση εφοδιαστικής αλυσίδας που επιτρέπει στους οίκους μόδας και τους πωλητές να χρησιμοποιούν εικονικά μοντέλα για την απεικόνιση των προϊόντων τους.

Μπορούν να δημιουργηθούν μοναδικά μοντέλα με ποικίλα χαρακτηριστικά για να παρουσιαστεί μια συλλογή ενδυμάτων και αξεσουάρ και αυτό καθιστά δυνατή την επιλογή του κατάλληλου μοντέλου, σε μέγεθος και σωματότυπο, για το κάθε προϊόν. Μπορεί να επιτευχθεί η τελική εμφάνιση με ελάχιστες εισροές όσο πιο κοντά σε ένα σκίτσο ενδύματος. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία για τη δημιουργία ρούχων που δημιουργούνται με τεχνητή νοημοσύνη μόνο από ένα σκίτσο.

Τα οφέλη της τρισδιάστατης απεικόνισης προϊόντων δεν περιορίζονται μόνο στην προσβασιμότητά της. Έχει αποδειχθεί ότι είναι πολύ πιο αποτελεσματική από τις συμβατικές φωτογραφίες από άποψη κόστους και χρόνου. Μια συνηθισμένη

φωτογράφιση απαιτεί εβδομάδες σχεδιασμού και υψηλό προϋπολογισμό για την πρόσληψη μοντέλων, φωτογράφων, ενοικίαση στούντιο και πολλά άλλα. Ενώ, οι τρισδιάστατες εικόνες προϊόντων δεν απαιτούν υψηλούς προϋπολογισμούς ή εβδομάδες προγραμματισμού.

### 5.3 Εικονική και Επαυξημένη Πραγματικότητα

Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία καθηλωτικών εμπειριών Εικονικής Πραγματικότητας (**Virtual Reality - VR**) και Επαυξημένης Πραγματικότητας (**Augmented Reality - AR**) προσομοιώνοντας ρεαλιστικά περιβάλλοντα και αλληλεπιδράσεις.

Η τεχνολογία της Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR), συνδυάζει το φυσικό περιβάλλον με τα ψηφιακά στοιχεία, προσθέτοντας επιπλέον πληροφορίες ή εμπειρίες πάνω στον πραγματικό κόσμο. Επιτρέπει στους χρήστες να βλέπουν τον πραγματικό κόσμο γύρω τους ενώ παράλληλα εμφανίζονται πρόσθετες πληροφορίες ή αλλαγές. Σε συνδυασμό με την τρισδιάστατη σάρωση σώματος, η τεχνολογία AR αναδεικνύει καινοτομίες διαδικασίες, όπως την **τεχνολογία εικονικής δοκιμής** (Virtual -Try).

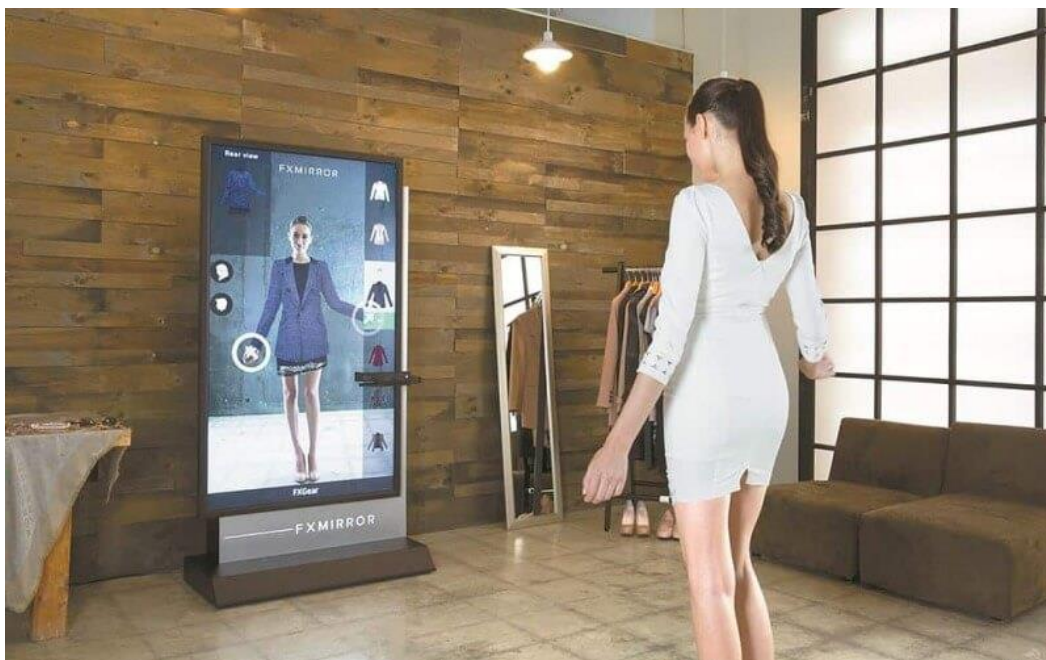
Τα ψηφιακά στοιχεία εμφανίζονται στον χρήστη συνήθως μέσω συσκευών όπως, smartphone, tablet, γυαλιά AR ή άλλες συσκευές (Σχήμα 5.1).



**Σχήμα 5.1:** Εφαρμογές που επιτρέπει στους χρήστες να δοκιμάσουν εικονικά ρούχα μέσω της κάμερας. (Snapchat x Farfetch, Πηγή: Forbes).

### 5.4 Τεχνολογία Εικονικής Τοποθέτησης - 3D

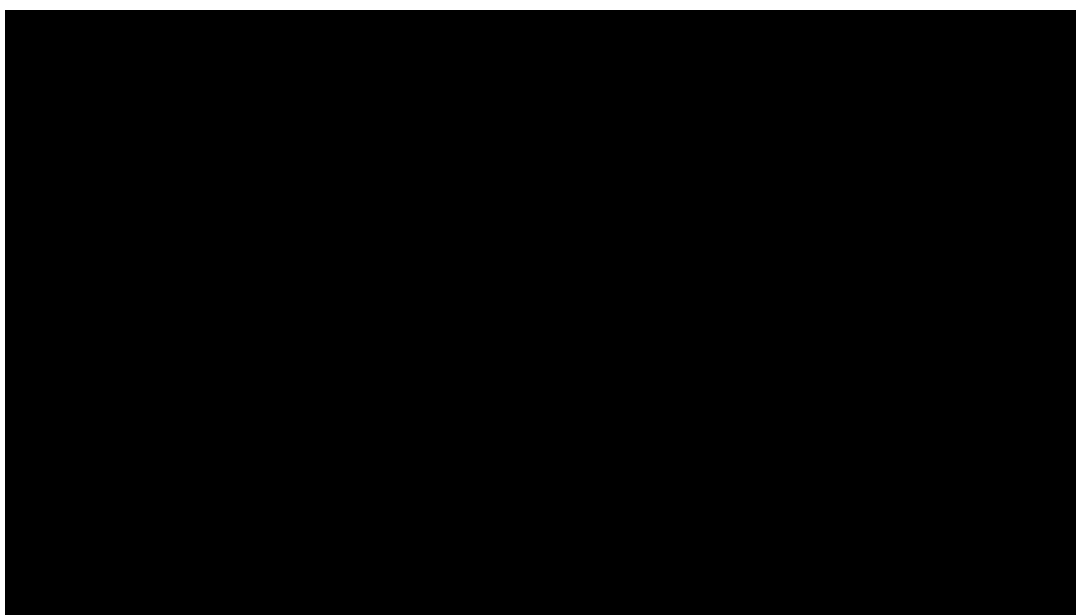
Η τεχνολογία της **Εικονικής Τοποθέτησης-3D** (3D virtual fitting technology) επιτρέπει στους καταναλωτές να δοκιμάζουν ρούχα, στο μέγεθος, εφαρμογή και στυλ τους, χωρίς να φορούν τα φυσικά το προϊόν.



**Σχήμα 5.2:** Η FXgear, μια επαυξημένης πραγματικότητας λύση με καθρέφτη προσαρμογής, (Πηγή: Visual Atelier 8).

Μόνο μια συσκευή εξοπλισμένη με κάμερα καταγράφει τον χρήστη, η τεχνολογία AR αντιστοιχίζει μια ρεαλιστική εικονική αναπαράστασης του προϊόντος πάνω από την εικόνα του πραγματικού κόσμου για να δείξει πώς θα έμοιαζε το προϊόν στο σώμα του πελάτη (Σχήμα 5.2).

Μέσω ιδικών καθρεφτών που είναι διάσπαρτοι γύρω από το πάτωμα στους χώρους τοποθέτησης, το υποκείμενο λογισμικό εικονικής δοκιμής επιτρέπει στους πελάτες να



δοκιμάζουν ρούχα εικονικά χωρίς να γδυθούν. Οι πωλητές προσφέρουν τεχνολογία έξυπνου καθρέφτη που επιτρέπει στους πελάτες να αλλάζουν ρούχα, χρώματα και σχέδια αβίαστα και άμεσα (Βίντεο 2).

**Βίντεο 2:** Η FXgear δημιούργησε έναν καθρέπτη επαυξημένης πραγματικότητας [34].

Η εφαρμογή YourFit της 3DLOOK, άλλο παράδειγμα, επιτρέπει στους αγοραστές να δουν μια φωτορεαλιστική προσομοίωση του τρόπου με τον οποίο τα ρούχα ταιριάζουν και φαίνονται στο σώμα τους, δίνοντας τη μοναδική δυνατότητα μιας εμπειρίας γκαρνταρόμπας στο διαδίκτυο (Σχήμα 5.3). Η τεχνολογία επισημαίνει αυτόματα τα χαρακτηριστικά σημεία στα ρούχα σας και προσαρμόζει τις υφές σε ένα κατάλληλο μοντέλο για να εξασφαλίσει ρεαλιστικά αποτελέσματα.



**Σχήμα 5.3:** Το YourFit, (3DLOOK), φωτορεαλιστική εικονική δοκιμή σε συνδυασμό με εξαιρετικά ακριβείς προτάσεις μεγέθους, βάση δεδομένων.

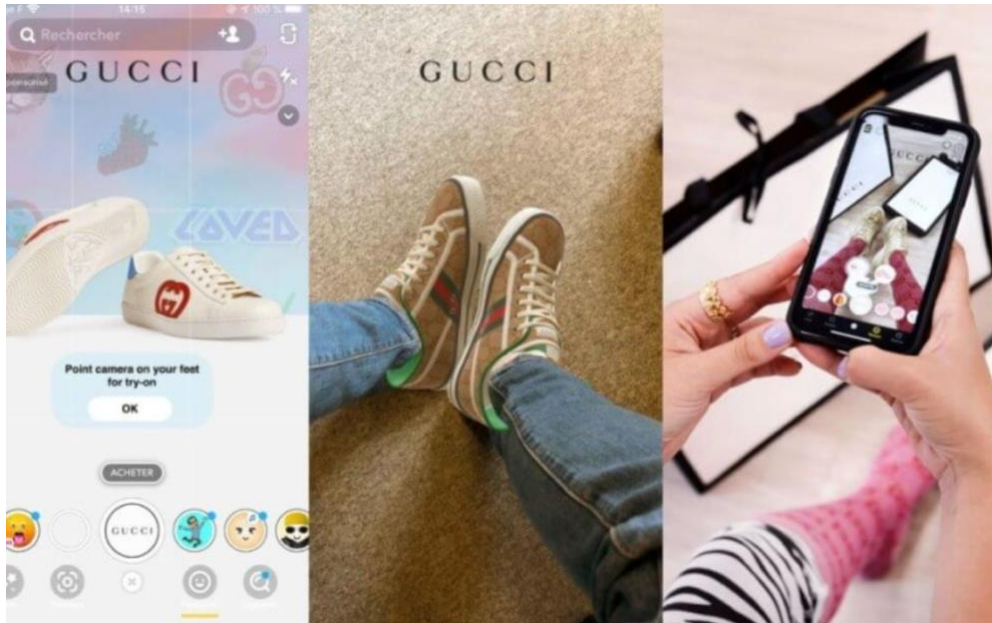
## 5.5 Τεχνολογία Εικονικής Δοκιμής μέσω Κινητού

Ωστόσο, η τεχνολογία εικονικής δοκιμής δεν θα περιοριστεί μόνο για χρήση σε καταστήματα. Οι καταναλωτές θα μπορούν να δοκιμάσουν ρούχα στο διαδίκτυο μέσω ενός εικονικού χώρου για ηλεκτρονικό εμπόριο, ανεξάρτητα από το πού βρίσκονται. Μέσα από το Κινητό τους.

Μια ενσωματωμένη εικονική εφαρμογή τοποθέτησης ρούχων, που συνδυάζει δοκιμή ρούχων AR με προτάσεις μεγέθους και εφαρμογής. Έχει την ικανότητα να παράγει εικόνα που όχι μόνο φαίνεται ρεαλιστική αλλά και αναπαράγει πιστά τις μετρήσεις (παραμέτρους) του αγοραστή. Οι πελάτες όχι μόνο θα μπορούν να αντιμετωπίσουν τις ανησυχίες τους σχετικά με το μέγεθος, την εφαρμογή και την εμφάνιση, αλλά θα έχουν επίσης την ελευθερία να εξερευνήσουν επιλογές, να κάνουν προσαρμογές και να δοκιμάσουν μια ευρύτερη γκάμα ενδυμάτων σε λιγότερο χρόνο

Χρησιμοποιώντας συσκευή εξοπλισμένη με κάμερα και τεχνολογία εικονικής προσαρμογής 3D, παρέχεται αυτή η υπηρεσία. Η Body Labs, (της Amazon) για παράδειγμα, έχει αναπτύξει ένα σύστημα μικτής πραγματικότητας. αυτό επιτρέπει στους καταναλωτές να βλέπουν τον εαυτό τους να φορούν εικονικά ρούχα σε ένα εικονικό περιβάλλον.

Ο οίκος μόδας Gucci χρησιμοποιεί επαυξημένη πραγματικότητα για να δώσει τη δυνατότητα στους πελάτες της να δοκιμάσουν (AR «Try-On») αθλητικά παπούτσια μέσω της εφαρμογής του Snapchat (Σχήμα 5.4). Στρέφοντας τη συσκευή smartphone τους στα πόδια τους, οι πελάτες μπορούν να δουν πώς θα ήταν ένα παπούτσι από διάφορες οπτικές γωνίες.

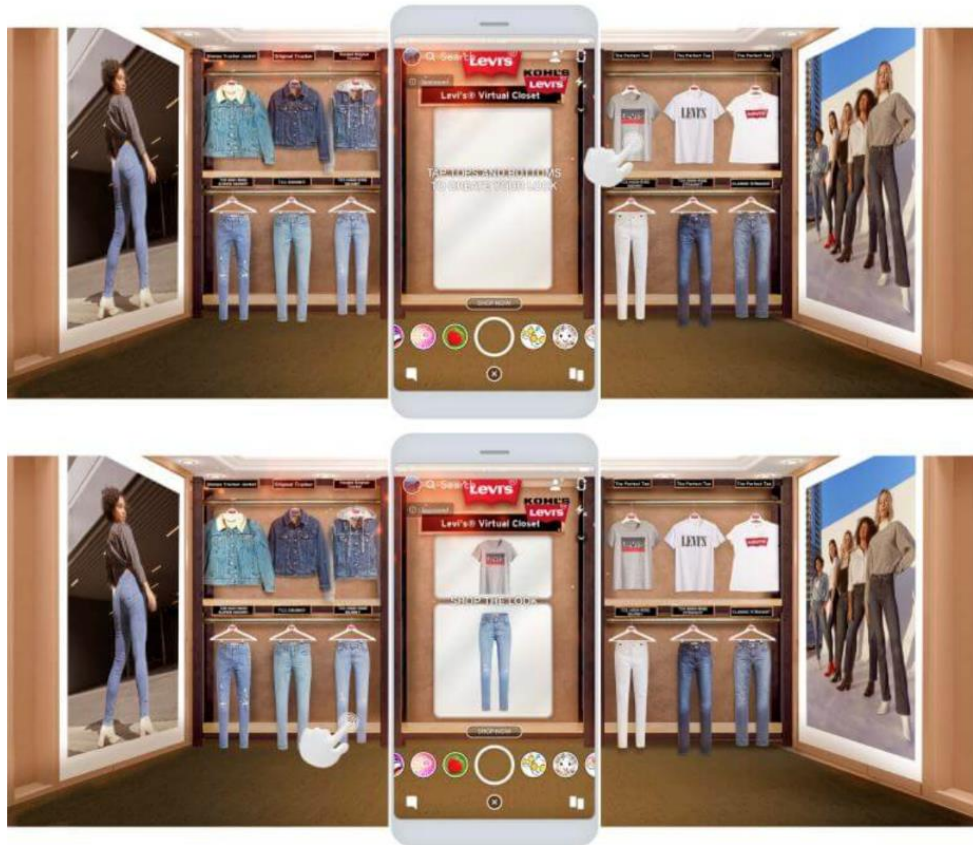


**Σχήμα 5.4:** Από τον οίκο μόδας Gucci (Snapchat), η εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας για δοκιμή υποδημάτων AR «Try-On». (Πηγή: FashionNet).

## 5.6 Καμαρίνι Εικονικής Δοκιμής

Μέσω των Virtual Closet, (Εικονική Ντουλάπα) ή Virtual Dressing Room (Εικονικό Καμαρίνι), με βάση την Επαυξημένη Πραγματικότητα (AR), οι πελάτες μπορούν να δοκιμάσουν ρούχα εικονικά, (Virtual try-on clothes), για να αποκτήσουν μια αίσθηση του πώς θα φαίνεται ένα προϊόν στο σώμα τους και να ολοκληρώσουν την αγορά χωρίς να φύγουν από την εφαρμογή (ή το σπίτι τους).

Από την αμερικανική αλυσίδα Kohl's κυκλοφόρησε η εφαρμογή της Επαυξημένης Πραγματικότητας Εικονικής ντουλάπας (Augmented Reality Virtual Closet). Αποτελεί μια ξεχωριστή εμπειρία δοκιμής ρούχων που δίνει τη δυνατότητα στους πελάτες να περιηγηθούν σε μια εικονική επιλογή από τζιν, μπλουζάκια και μπουφάν. Δίνοντας τους τη δυνατότητα να συνδυάσουν και ταιριάζουν αντικείμενα για να δημιουργήσουν μοντέρνα ρούχα και να δοκιμάσουν μια επιλεγμένη σειρά ενδυμάτων Levi's χρησιμοποιώντας το smartphone τους (Σχήμα 5.5).



**Σχήμα 5.5:** Η εικονική ντουλάπα (Kohl's AR Virtual Closet –Snapchat) που διαθέτει ρούχα Levi's. Πηγή: WWD.

Ωστόσο, πολλές από τις εφαρμογές που υπάρχουν είναι απλώς εικόνες 2D που τοποθετούνται πάνω από την έξοδο της κάμερας του πελάτη. Η πρόκληση βέβαια είναι, όχι εικονικές δοκιμαστικές ρούχων που απλώς αναπαράγουν την εμφάνιση των φυσικών ομολόγων τους, αλλά και το πώς να ταιριάζουν τα διάφορα ενδύματα στις μοναδικές περιπλοκότητες των διαφορετικών σωματότυπων. Αυτό αφορά λύσεις που παρέχουν ψηφιακά δίδυμα (digital twins). Αυτές οι λύσεις θα πρέπει να ενσωματώνουν ψηφιακά δίδυμα, δεδομένα τόσο του ενδύματος όσο και του πελάτη, που προέρχονται από τα φυσικά χαρακτηριστικά του προϊόντος και του σώματος. Τα δεδομένα σώματος χρησιμοποιούνται για τη χαρτογράφηση του ενδύματος στο σώμα του πελάτη, με τα αποτελέσματα να δείχνουν στον πελάτη πώς ακριβώς θα φαινόταν το αντικείμενο στο σώμα του, καθώς και ποιο μέγεθος και εφαρμογή θα ήταν καλύτερο.

## 5.7 Εικονική Αναπαράσταση με Ψηφιακά Δίδυμα

Το ψηφιακό δίδυμο είναι μια εικονική αναπαράσταση ενός φυσικού αντικειμένου, ατόμου, διαδικασίας ή συστήματος, που ενσωματώνεται σε μια ψηφιακή έκδοση του περιβάλλοντός του. Η απεικόνιση αυτή περιλαμβάνει ολόκληρο τον κύκλο ζωής του, ενημερώνεται από δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και χρησιμοποιεί προσομοίωση, μηχανική μάθηση και συλλογιστική (reasoning) για την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων.

---

Με αυτόν τον τρόπο, οι πελάτες όχι μόνο μπορούν να δουν εάν ένα ρούχο ταιριάζει με το στυλ τους, αλλά και πόσο θα πρέπει να κοντύνει, πώς κάθεται στους γοφούς τους ή αν είναι πολύ στενό στη μέση.

Η διαδικασία δημιουργίας των ψηφιακών διδύμων περιλαμβάνει τα εξής πέντε βήματα:

- **Σάρωση και Δημιουργία Ψηφιακού Διδύμου του Ενδύματος:** Το ένδυμα σαρώνεται ψηφιακά. Αυτό περιλαμβάνει λεπτομερείς πληροφορίες για το ύφασμα, τις ραφές, την κοπτική γεωμετρία, και άλλα χαρακτηριστικά του ενδύματος.
- **Συλλογή Δεδομένων Σωματικών Χαρακτηριστικών:** Οι πελάτες παρέχουν δεδομένα σχετικά με το σώμα τους, όπως μετρήσεις, σχήμα, και προτιμήσεις για εφαρμογή και στυλ ενδυμάτων.
- **Συγχώνευση των Διδύμων:** Τα δεδομένα από το ψηφιακό δίδυμο του ενδύματος συγχωνεύονται με το ψηφιακό δίδυμο του πελάτη, δημιουργώντας ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό δίδυμο.
- **Προσομοίωση Δοκιμής Ενδυμάτων:** Μέσω ειδικών εφαρμογών ή πλατφορμών, ο πελάτης μπορεί να προσομοιώσει πώς θα φοράει το ενδυματολογικό κομμάτι. Αυτό περιλαμβάνει την προβολή του ενδύματος στο ψηφιακό δίδυμο του πελάτη, λαμβάνοντας υπόψη τις μορφολογικές του ιδιαιτερότητες.
- **Εξατομίκευση και Προσαρμογή:** Ο πελάτης μπορεί να προσαρμόσει το ένδυμα στον ψηφιακό εαυτό του, ρυθμίζοντας την εφαρμογή, το μήκος, το στυλ και άλλες λεπτομέρειες.

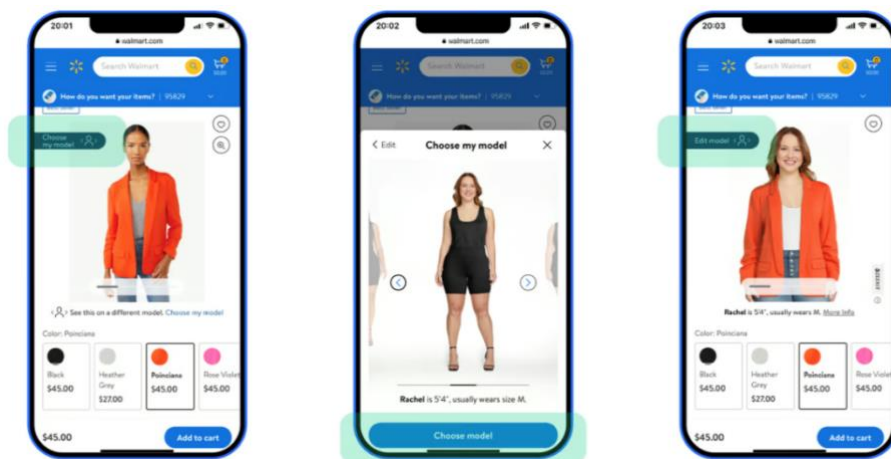
## 5.8 «Γίνε το Μοντέλο του Εαυτού σου» της Walmart

Η εταιρεία Walmart αναβαθμίζει την εικονική δοκιμή ένδυσης (Virtual Try-On for Apparel) παρέχοντας μια λειτουργία «Γίνε το μοντέλο του εαυτού σου» (Be Your Own Model). Οι πελάτες επιλέγουν ένα ρούχο στον ιστότοπο, στην εφαρμογή της εταιρείας. Εισάγουν το ύψος τους και, επιλέγουν ένα μοντέλο που ταιριάζει απόλυτα με τη συνολική κατασκευή και τον τόνο του δέρματός τους. Όταν οι πελάτες ολοκληρώσουν την διαδικασία της επιλογής, η εφαρμογή προχωρά στο ντύσιμο του μοντέλου που επέλεξαν με τα ρούχα της επιλογής τους. Επιτρέπει στους αγοραστές να εμφανίζουν προϊόντα πάνω από τις δικές τους φωτογραφίες αντί για υπάρχοντα μοντέλα μόδας (Σχήμα 5.6).

Η τεχνολογία χρησιμοποιεί υπολογιστική όραση και προηγμένη τεχνητή νοημοσύνη για να αναλύσει τον κατάλογο ενδυμάτων και να ντύσει εικονικά τα μοντέλα.

Στην ίδια εφαρμογή υπάρχει και η λειτουργία, «δείτε το στο μέγεθός μου». Προσφέρεται από αρκετούς εμπόρους λιανικής, επιτρέπει στους πελάτες να βλέπουν ρούχα σε εικόνες μοντέλων που μοιάζουν περισσότερο με το μέγεθος και το σχήμα τους.

Αυτή η τεχνική όμως δεν είναι τόσο αποτελεσματική καθώς απαιτεί κάθε αντικείμενο να φωτογραφηθεί σε ένα μοντέλο σε κάθε μέγεθος, τόνο δέρματος, ύψος κλπ, αλλά σήμανε την αρχή για την AR μόδα.



Σχήμα 5.6: Η εικονική επιλογή δοκιμής της Walmart.

## 5.9 Μοντέλα ΑΙ στην Πασαρέλα

Η δημιουργία μοντέλων Τεχνητής Νοημοσύνης (ΑΙ) για πασαρέλες στη μόδα συνδέεται με αρκετούς σοβαρούς λόγους. Βασικοί από τους οποίους μπορεί να είναι:

1. **Καινοτομία και Εντυπωσιακή Παρουσίαση:** Η χρήση τεχνητής νοημοσύνης στις πασαρέλες προσφέρει έναν καινοτόμο και εντυπωσιακό τρόπο παρουσίασης της μόδας. Τα ΑΙ μοντέλα μπορούν να παρουσιάζουν μοναδικά στυλ, επιτρέποντας στους σχεδιαστές να εξερευνήσουν νέες ιδέες και να προσελκύσουν το ενδιαφέρον του κοινού.
2. **Προώθηση Τεχνολογικών Δυνατοτήτων:** Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στις πασαρέλες αναδεικνύει τις τεχνολογικές δυνατότητες και τη δημιουργικότητα του κλάδου της μόδας. Αυτή η προώθηση των τεχνολογικών επιτευγμάτων μπορεί να ενισχύσει την εικόνα του κλάδου ως πρωτοπόρου και καινοτόμου.
3. **Επεκτενόμενη Διαδραστικότητα:** Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να δώσει στα κοινά τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν με τα μοντέλα σε πραγματικό χρόνο. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει εμπειρίες πασαρέλας που προσφέρουν ενεργή συμμετοχή και συναίσθηση της μόδας.
4. **Εξέλιξη του Κοινωνικού Ρόλου:** Η χρήση ΑΙ μοντέλων στις πασαρέλες μπορεί να στείλει ισχυρά μηνύματα για την εξέλιξη του κοινωνικού ρόλου στη μόδα. Μπορεί να προάγει την πολυμορφία, την ανοικτότητα και την αποδοχή της διαφορετικότητας.
5. **Πειραματισμός με Νέες Τεχνικές:** Η εφαρμογή της τεχνητής νοημοσύνης στις πασαρέλες επιτρέπει στους σχεδιαστές να πειραματιστούν με νέες τεχνικές, όπως η δημιουργία εικονικών μοντέλων και οι δυνατότητες επαυξημένης πραγματικότητας.

Έχουν γίνει πολλές πασαρέλες μόδας όπου χρησιμοποιήθηκαν ψηφιακά μοντέλα που βασίζονταν σε Τεχνητή Νοημοσύνη. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις μπορούν να θεωρηθούν οι ακόλουθες:

- **Το ψηφιακό μοντέλο Shudu Gram:**

---

Η Shudu Gram (Σχήμα 5.7) είναι ένα ψηφιακό μοντέλο που δημιουργήθηκε από τον φωτογράφο Cameron-James Wilson με τη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης. Παρουσιάστηκε σε φωτογραφίες μόδας και έλαβε αναγνώριση για την εκπληκτική της εμφάνιση.

Έχει συνεργαστεί με τους μεγαλύτερους οίκους μόδας, όπως Louis Vuitton, η Fendi, η Chanel, τόσο για ένδυση όσο και για μακιγιάζ. Ακόμα και στην διαφήμιση αυτοκινήτων, όπως BMW, Lexus κλπ.



**Σχήμα 5.7:** Ψηφιακό Μοντέλο Shudu Gram.

- **Το ψηφιακό μοντέλο Imma:**

Η Imma (Σχήμα 5.8) είναι ένα άλλο ψηφιακό μοντέλο που δημιουργήθηκε στην Ιαπωνία με χρήση της τεχνητής νοημοσύνης. Έχει παρουσιαστεί σε διάφορα περιοδικά μόδας και εκδηλώσεις.



**Σχήμα 5.8:** Ψηφιακό μοντέλο Imma.

- 
- Το ψηφιακό μοντέλο **Lil Miquela**:

Η Lil Miquela είναι ένα εικονικό ψηφιακό μοντέλο με πολλούς ακόλουθους στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης. Παρουσιάζεται σε διάφορα projects μόδας και έχει συνεργαστεί με διάφορα κορυφαία brands.

Επιδείξεις μόδας με τα πιο πάνω μοντέλα ή και άλλα, έχουν γίνει πολλές. Μερικά σχετικά παραδείγματα επιδείξεων μόδας των εικονικών μοντέλων είναι τα ακόλουθα:

- **Balmain και Shudu Gram**: Τον Σεπτέμβριο του 2018, ο οίκος μόδας Balmain συνεργάστηκε με τον δημιουργό του Shudu Gram, ένα ψηφιακό μοντέλο που δημιουργήθηκε με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης, για μια φωτογραφική καμπάνια.
- **Dolce & Gabbana και Imma**: Η Dolce & Gabbana, τον Ιούλιο του 2020, παρουσίασε τη συλλογή της με μια εικονική επίδειξη μόδας όπου συμμετείχε το ψηφιακό μοντέλο Imma.
- **Calvin Klein και Lil Miquela**: Η Lil Miquela, ένα ψηφιακό μοντέλο, έχει συνεργαστεί με διάφορα brands, μεταξύ των οποίων και η Calvin Klein, προωθώντας προϊόντα τους.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η τάση αυτή είναι στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης και η χρήση των ψηφιακών μοντέλων στη μόδα με την υποστήριξη της τεχνητής νοημοσύνης εξελίσσεται με εντυπωσιακούς ρυθμούς.



**Σχήμα 5.9:** Το Supermodel Eva Herzigová, δημιούργησε ένα ψηφιακό αντίγραφο της ομοιότητάς της.

---

# 6 Πειραματική Διαδικασία

## 6.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό αναφέρεται στην πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής. Αρχικά παρουσιάζεται το βασικό σχεδιαστικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση των ρούχων, το Blender 3D. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα τρία πειράματα (εφαρμογές) που πραγματοποιήθηκαν: η προσομοίωση για την διερεύνηση της μηχανικής συμπεριφοράς υφάσματος, η προσομοίωση ενός ενδύματος και τελευταία η προσομοίωση των μοντέλων σε κίνηση ώστε να δειχθεί η συμπεριφορά του ρούχου σε αυτό.

## 6.2 Blender 3D για Προσομοίωση Ρούχων

Το Blender, ένα δημοφιλές λογισμικό μοντελοποίησης και animation ανοικτού κώδικα, έχει ενσωματώσει τεχνικές βαθιάς μάθησης σε διάφορους τομείς.

Οι προγραμματιστές του Blender έχουν ενσωματώσει αλγόριθμους αποκωδικοποίησης βαθιάς μάθησης στο λογισμικό για τη βελτίωση της ποιότητας των αποδόσεων εικόνων. Αυτοί οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούν νευρωνικά δίκτυα εκπαιδευμένα σε μεγάλα σύνολα δεδομένων για να μάθουν τα πρότυπα του θορύβου στις εικόνες και στη συνέχεια να τους απομακρύνουν αποτελεσματικά, παρέχοντας πιο καθαρές και οπτικά ελκυστικές αποδόσεις.

Η σχεδιαστική διαδικασία, για την παραγωγή ενός ρεαλιστικού ενδύματος, είναι σχετικά παρόμοια στα περισσότερα προγράμματα. Για τις σχεδιαστικές ανάγκες της διπλωματικής μας χρησιμοποιήσαμε το σχεδιαστικό πρόγραμμα Blender. Ένα από τα πλέον δημοφιλή και με πολλά ξεχωριστά πλεονεκτήματα για την υλοποίηση ενός ρεαλιστικού ενδύματος. Το Blender, παρέχει τρισδιάστατα εργαλεία που επιτρέπουν στους χρήστες να σχεδιάσουν ενδύματα πάνω σε ένα τρισδιάστατο εικονικό μοντέλο. Οι σχεδιαστές μπορούν να προσομοιώσουν με ακρίβεια τη συμπεριφορά του ενδύματος, με βάση τα τροποποιημένα χαρακτηριστικά τόσο του υφάσματος (τον τύπο και το χρώμα του υφάσματος, με τη βοήθεια του script που παρέχεται), όσο και του εικονικού μοντέλου, όπως το σωματότυπο. Το ενδεδυμένο εικονικό μοντέλο μπορεί να παρατηρηθεί από οποιαδήποτε οπτική γωνία, να του αποδώσουμε κίνηση για την καλύτερη κατανόηση της εφαρμογής του ενδύματος στο εικονικό μοντέλο.

Το Blender είναι ένα πολύ ισχυρό λογισμικό ανοικτού κώδικα που προσφέρει εξαιρετικά εργαλεία για την προσομοίωση ρούχων (cloth simulation).

---

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για την επιλογή του Blender για την προσομοίωση ρούχων. Από τους πιο βασικούς είναι η δωρεάν διάθεσή του και τα ότι είναι ανοιχτού κώδικα. Το Blender παρέχεται δωρεάν για όλους, να χρησιμοποιήσουν και να τροποποιήσουν, χωρίς κανένα κόστος. Αυτό το καθιστά προσιτό για κάθε χρήστη.

Το Blender 3D είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων και κινούμενων εικόνων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της βιομηχανίας της μόδας. Με το Blender 3D, οι σχεδιαστές και οι επωνυμίες μπορούν να δημιουργήσουν εικονικές επιδείξεις μόδας και παρουσιάσεις προϊόντων που προβάλλουν τα σχέδιά τους σε ψηφιακό περιβάλλον. Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για επωνυμίες που θέλουν να παρουσιάσουν τα σχέδιά τους σε ένα παγκόσμιο κοινό χωρίς να χρειάζονται φυσικές εκθέσεις ή παρουσιάσεις προϊόντων.

Ένα από τα κύρια οφέλη της χρήσης του Blender 3D στη βιομηχανία της μόδας είναι ότι επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία και δημιουργικότητα στη διαδικασία σχεδιασμού. Οι σχεδιαστές μπορούν να πειραματιστούν με διαφορετικά υφάσματα, χρώματα, υφές και μοτίβα για να δημιουργήσουν μοναδικά και καινοτόμα σχέδια. Επιπλέον, το Blender 3D μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ρεαλιστικών προσομοιώσεων υφασμάτων, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν τους σχεδιαστές να οπτικοποιήσουν τα σχέδιά τους. Πώς θα φαίνονται και θα κινούνται τα σχέδιά τους στην πραγματική ζωή.

Όσον αφορά την αναπαράσταση της τελευταίας μόδας, το Blender 3D μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία εικονικών επιδείξεων μόδας και παρουσιάσεων που προβάλλουν τις τελευταίες τάσεις και στυλ. Χρησιμοποιώντας ψηφιακά μοντέλα και κινούμενα σχέδια, οι σχεδιαστές μπορούν να δημιουργήσουν παρουσιάσεις που είναι δυναμικές και ελκυστικές και που επιτρέπουν στους θεατές να δουν από κοντά τις λεπτομέρειες και τα χαρακτηριστικά κάθε σχεδίου.

Συνολικά, το Blender 3D είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη δημιουργία εικονικών επιδείξεων μόδας και παρουσιάσεων προϊόντων στη βιομηχανία της μόδας. Επιτρέπει σε σχεδιαστές και επωνυμίες να προβάλλουν τα σχέδιά τους σε ένα ψηφιακό περιβάλλον, το οποίο μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την προσέγγιση ενός παγκόσμιου κοινού και για τον πειραματισμό με νέα και καινοτόμα σχέδια.

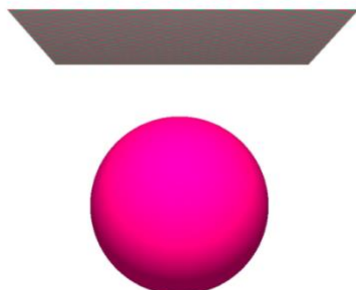
## **6.3 Προσομοίωση Μηχανικής Συμπεριφοράς Υφάσματος**

Στα πλαίσια της προσομοίωσης υφάσματος, αναπτύχθηκε εφαρμογή προσομοίωσης στην οποία το ύφασμα αλληλεπιδρά με μια μπάλα. Η προσομοίωση παρουσιάζει ένα ύφασμα, (ένα πανί) ως ένα ευλύγιστο υλικό, που αντιδρά στη βαρύτητα και τις δυνάμεις ελατηρίων, δημιουργώντας φυσικές κυματώσεις και ανακλάσεις.

Στο Βίντεο 4, δείχνεται το αποτέλεσμα της προσομοίωσης που επετεύχθη. Είναι μια ρεαλιστική προσομοίωση υφάσματος που αλληλεπιδρά με μια μπάλα. Το πανί αλληλεπιδρά με τη μπάλα, η οποία παρουσιάζεται ως ένα στατικό αντικείμενο. Όταν η μπάλα έρχεται σε επαφή με το ύφασμα, προκαλεί συμπίεση του υλικού και αλλαγές στο σχήμα του.

---

Η προσομοίωση αναδεικνύει την αντίδραση του υφάσματος σε εξωτερικές δυνάμεις και παρέχει μια εικονική απεικόνιση της φυσικής συμπεριφοράς του.



**Βίντεο 4:** Μια ρεαλιστική προσομοίωση υφάσματος που αλληλεπιδρά με μια μπάλα.

Ο κώδικας παρουσιάζει έναν προσομοιωτή υφάσματος (cloth simulator) που υλοποιείται χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη Taichi.

Η Taichi είναι μια ισχυρή βιβλιοθήκη για προσομοιώσεις και υπολογισμούς υψηλής απόδοσης που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν πολύπλοκες και ρεαλιστικές προσομοιώσεις σε διάφορους τομείς.

Το ύφασμα παράγεται ως ένα πλέγμα από τετράγωνα και κινείται υπό την επίδραση της βαρύτητας, των ελατηρίων και της αντίστασης του αέρα.

Ο κώδικας αρχικοποιεί τις θέσεις και τις ταχύτητες των κόμβων του υφάσματος, καθώς και τους δείκτες και τις χρωματικές τιμές για την απεικόνισή του. Η απεικόνιση γίνεται μέσω του γραφικού περιβάλλοντος της Taichi (GGUI, "Graphical General-purpose GPU Interface". Βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται στο πλαίσιο του Taichi για τη δημιουργία γραφικών διεπαφών χρήστη, που παρέχει μια εύκολη γραφική διεπαφή για την παρακολούθηση της προσομοίωσης και την αλληλεπίδραση με τα δεδομένα της.

Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την δημιουργία του κώδικα είναι τα ακόλουθα:

- a) **Εισαγωγή των Απαραίτητων Βιβλιοθηκών:** Ο κώδικας ξεκινά με την εισαγωγή της βιβλιοθήκης Taichi και την αρχικοποίησή της για να χρησιμοποιηθεί η πλατφόρμα Vulkan για τους υπολογισμούς.

Η πλατφόρμα Vulkan χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση των υπολογισμών της προσομοίωσης του υφάσματος.

Η γραμμή κώδικα «`ti.init(arch=ti.vulkan)`» καθορίζει ότι η βιβλιοθήκη Taichi θα χρησιμοποιήσει την πλατφόρμα Vulkan για την επιτάχυνση των υπολογισμών της

---

προσομοίωσης. Αυτό επιτρέπει στην εκτέλεση των υπολογισμών να γίνει χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες της γραφικής κάρτας μας, επιτυγχάνοντας έτσι καλύτερη απόδοση και ταχύτητα.

- b) **Ορισμός Παραμέτρων και Πεδίων:** Ορίζονται παράμετροι όπως το μέγεθος του grid, το βήμα του χρόνου, οι φυσικές ιδιότητες και δημιουργούνται πεδία για την αποθήκευση δεδομένων.

Το grid χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει το χώρο στον οποίο κινούνται και αλληλεπιδρούν τα σωματίδια του υφάσματος ή το mesh\*. Το grid χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό του χώρου σε μικρότερα τμήματα, που επιτρέπουν τον πιο αποδοτικό υπολογισμό των δυνάμεων και των αλληλεπιδράσεων σε κάθε περιοχή του χώρου.

- c) **Αρχικοποίηση Σωμάτων:** Υλοποιούνται δύο kernel functions\*\* για την αρχικοποίηση των θέσεων των μαζών και του mesh.
- d) **Υπολογισμός Δυνάμεων:** Δημιουργείται μια kernel function για τον υπολογισμό των δυνάμεων που δρουν στα σώματα.
- e) **Ενημέρωση Θέσεων και Κορυφών:** Καλείται μια kernel function για την ενημέρωση των θέσεων των σωμάτων και των κορυφών του mesh.
- f) **Οπτικοποίηση:** Η προσομοίωση οπτικοποιείται με χρήση του Taichi GUI, παρέχοντας μια απεικόνιση της προσομοίωσης.

Συμπερασματικά, ο κώδικας πραγματοποιεί μια πλήρη προσομοίωση του υφάσματος και οπτικοποιεί τα αποτελέσματα, επιτρέποντας στον χρήστη να δει πώς το ύφασμα αντιδρά σε διάφορες συνθήκες καταπόνησης του υλικού από δυνάμεις.

\***Mesh:** αναφέρεται σε μια δομή δεδομένων που αποτελείται από σύνολο κόμβων ή κορυφών που σχηματίζουν συνδέσεις μεταξύ τους για να περιγράψουν το σχήμα ενός αντικειμένου ή την τοπολογία ενός χώρου. Μπορεί να αποτελείται από διάφορους τύπους στοιχείων, όπως κορυφές, ακμές και τριγωνικές ή τετραγωνικές επιφάνειες. Κάθε κόμβος συνήθως έχει συντεταγμένες στον χώρο. Στην προσομοίωση ρούχου το mesh αναπαριστά την επιφάνεια του ρούχου και χρησιμοποιείται για να υπολογιστούν οι δυνάμεις που δρουν σε αυτό και οι αλληλεπιδράσεις με άλλα αντικείμενα.

\*\***kernel functions:** αναφέρεται σε συναρτήσεις που εκτελούνται παράλληλα σε πολλαπλούς πυρήνες επεξεργαστών, βελτιώνοντας την απόδοση και την ταχύτητα των υπολογισμών. Αυτές οι συναρτήσεις είναι ουσιαστικά οι μονάδες υπολογισμού που εκτελούν τις βασικές λειτουργίες του προγράμματος.

Οι kernel functions στην Taichi χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση επαναλαμβανόμενων υπολογισμών σε μεγάλα σύνολα δεδομένων (Big Data), όπως προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων, επεξεργασία εικόνων ή ανάλυση δεδομένων.

Στις δικές μας εφαρμογές, στον κώδικα μας, οι kernel functions χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των δυνάμεων που δρουν στα σώματα και για την ενημέρωση των θέσεων των σωμάτων και των κορυφών του mesh σε κάθε βήμα της προσομοίωσης.

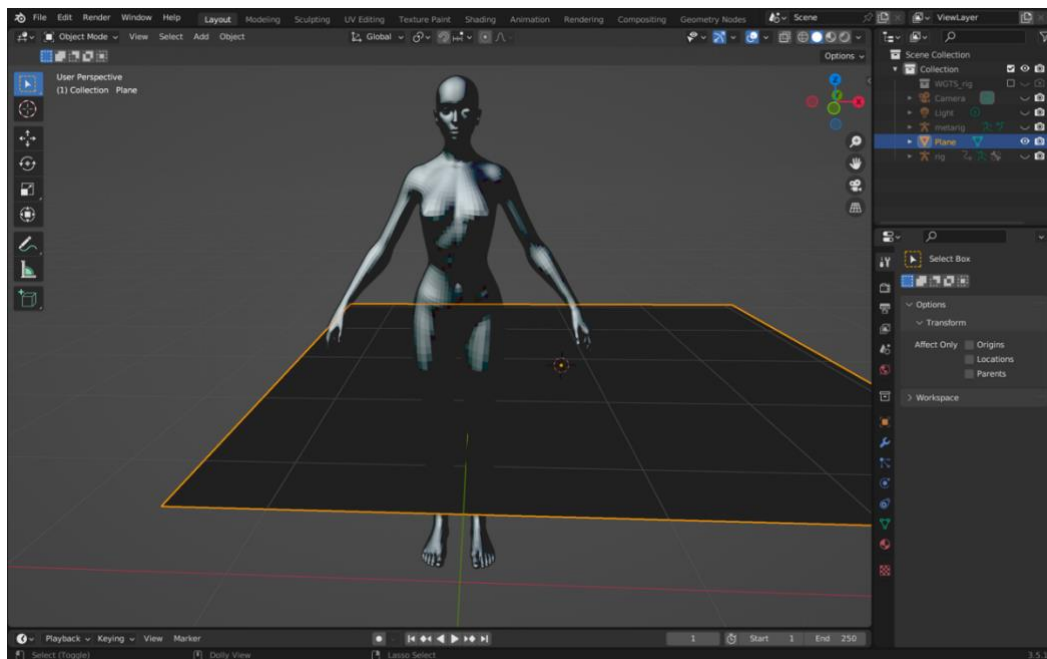
## 6.4 Πειραματική Προσομοίωσης μοντέλου με ρούχα σε κίνηση

Το επόμενο πείραμα αφορά την δημιουργία ενός μοντέλου σε κίνηση φορώντας ρούχα τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Για την προσομοίωση τόσο του ατόμου σε κίνηση, όσο και των ρούχων του χρησιμοποιήθηκε ο προσομοιωτής Blender 3D.

### 6.4.1 Προσομοίωση ρούχου

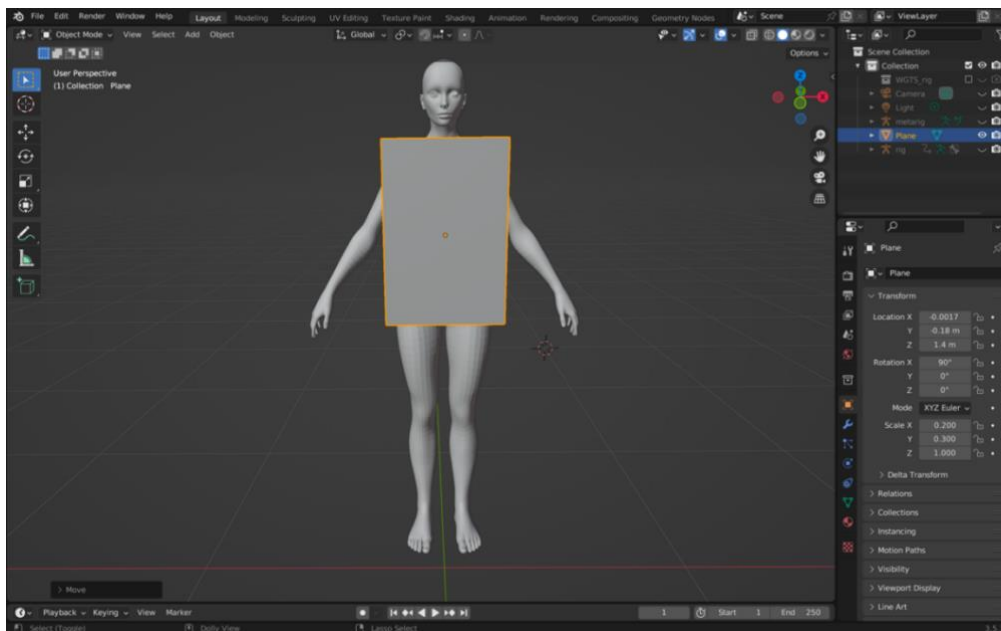
Η προσομοίωση υφασμάτων είναι μια από τις πιο δύσκολες πτυχές των γραφικών υπολογιστή, είναι ένα παραπλανητικά απλό αντικείμενο στον πραγματικό κόσμο που θεωρείται δεδομένο, αλλά στην πραγματικότητα έχει πολύ περίπλοκες εσωτερικές και περιβαλλοντικές αλληλεπιδράσεις.

Ως πρώτο βήμα, δημιουργούμε ένα τετράγωνο, με εφαρμογή plain, (Σχήμα 6.1).



**Σχήμα 6.1:** Δημιουργία τετράγωνου, με την χρήση του προγράμματος plain.

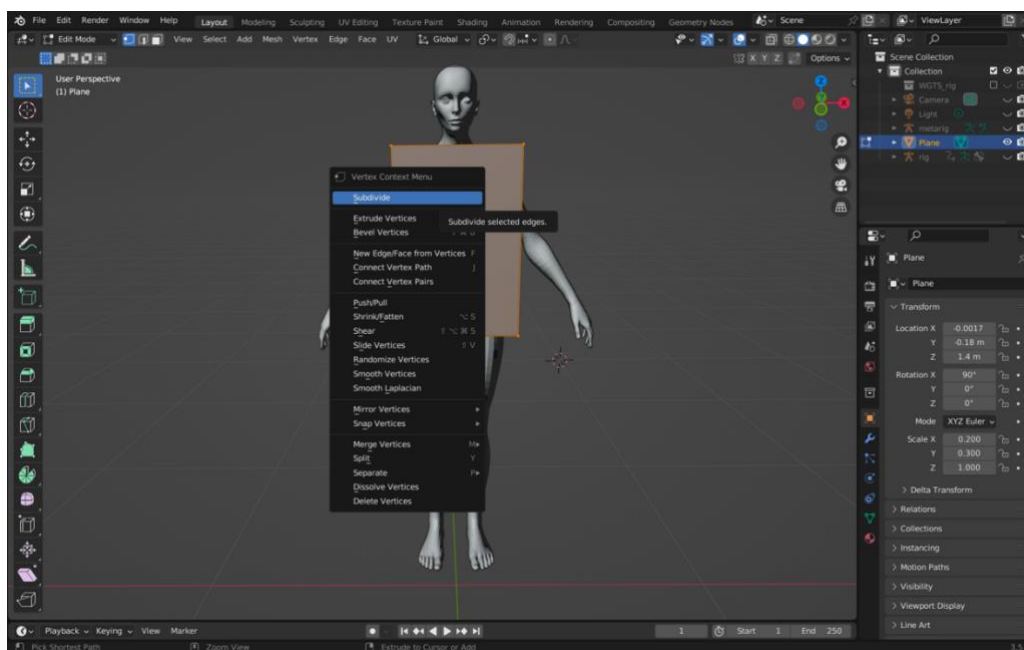
Αλλάζοντας τις διαστάσεις του τετραγώνου, το μετακινούμε μπροστά από το μοντέλο του ανθρώπινου σώματος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.2.



**Σχήμα 6.2:** Τοποθέτηση του τετραγώνου μπροστά από το μοντέλο του ανθρώπινου σώματος.

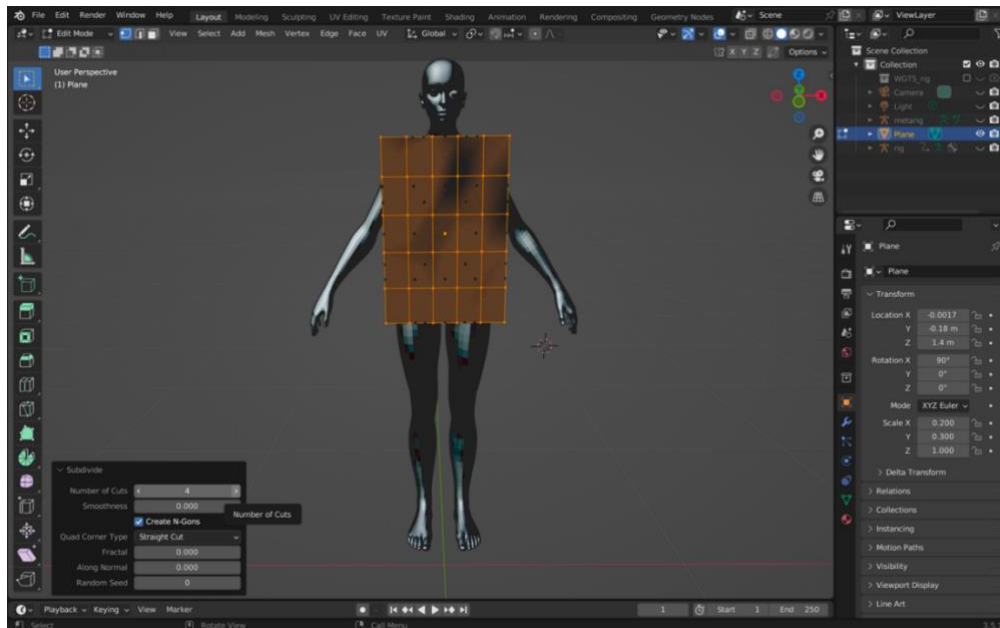
Αλλάζοντας το Object mode σε edit mode, ώστε να μπορούμε να επεξεργαστούμε το αντικείμενο και του δημιουργούμε υποδιαιρέσεις για να το φέρουμε στη μορφή μπλούζας, (Σχήμα 6.3).

Προσθέτουμε τροποποιητές υποδιάρθρωσης για να βελτιώσουμε την ποιότητα της προσομοίωσης υφάσματος και να εξομαλύνουμε τα αποτελέσματα.



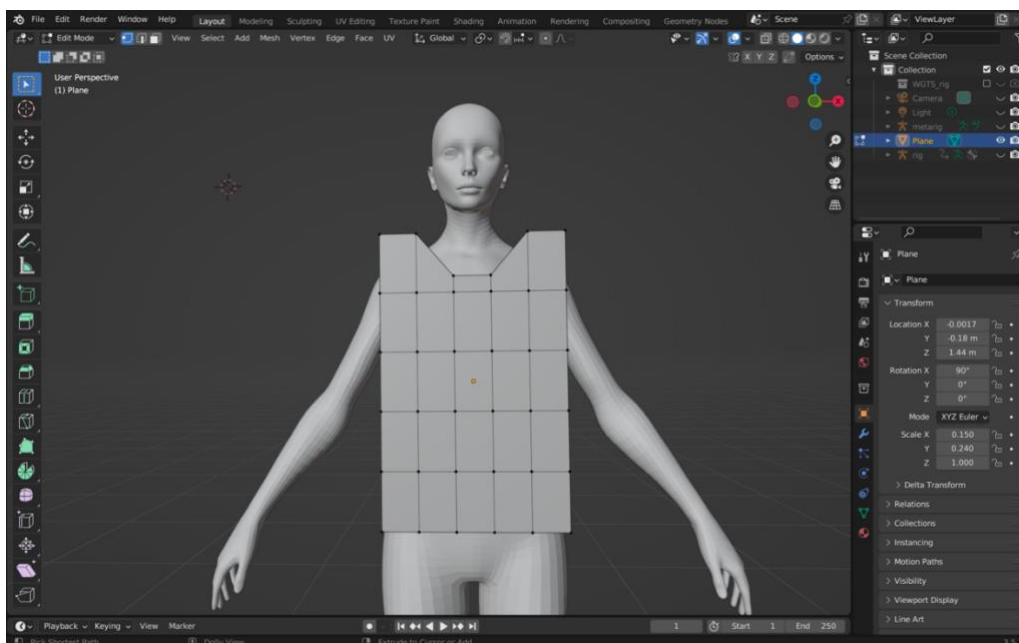
**Σχήμα 6.3:** Αλλάζοντας το Object mode σε edit mode.

Για διευκόλυνση της επεξεργασίας, αλλάζουμε επίσης την τιμή του number of cuts καθώς οι πολλές υποδιαίρεσεις δεν είναι εξυπηρετικές.



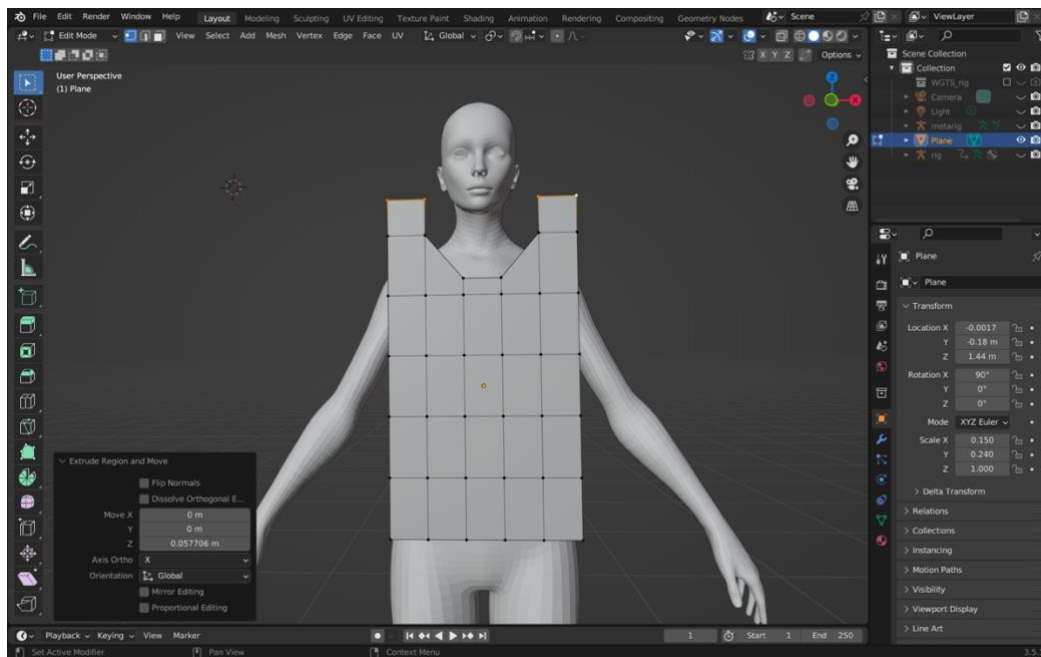
**Σχήμα 6.4:** Αλλαγή της τιμής του number of cuts για τον περιορισμό των υποδιαίρεσεων.

Στην συνέχεια, επιλέγουμε μόνο την κορυφή στο λαιμό φτιάχνοντας ένα πιο ρεαλιστικό σχήμα μπλούζας (Σχήμα 6.5).



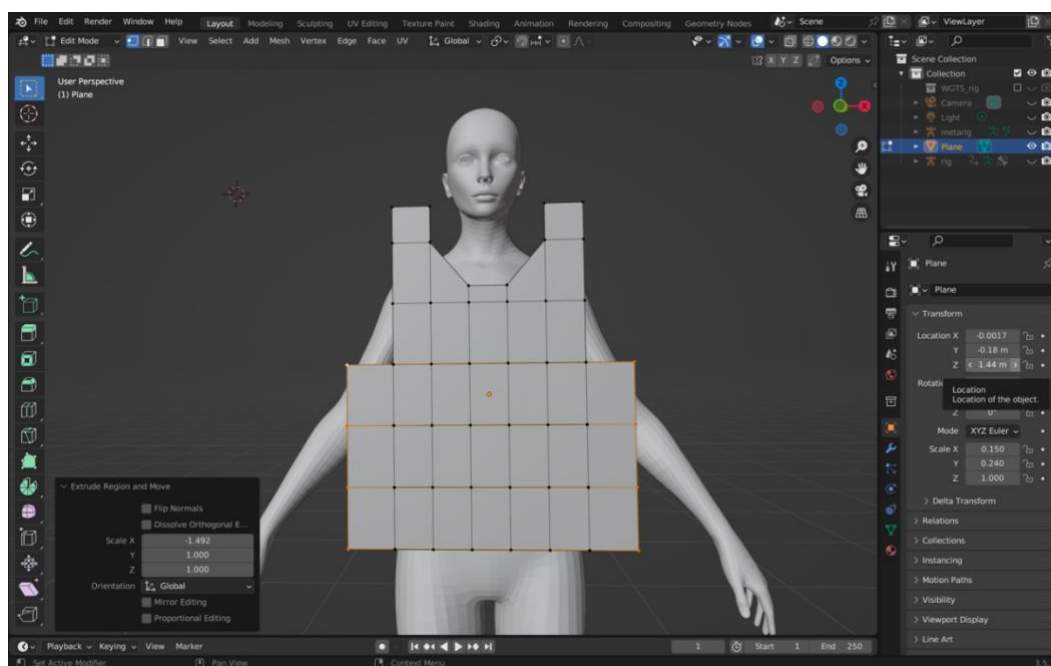
**Σχήμα 6.5:** Επιλογή μόνο της κορυφής στο λαιμό, φτιάχνοντας ένα πιο ρεαλιστικό σχήμα.

Στη συνέχεια φτιάχνουμε τα μανίκια, όπως δείχνεται στο Σχήμα 6.6.



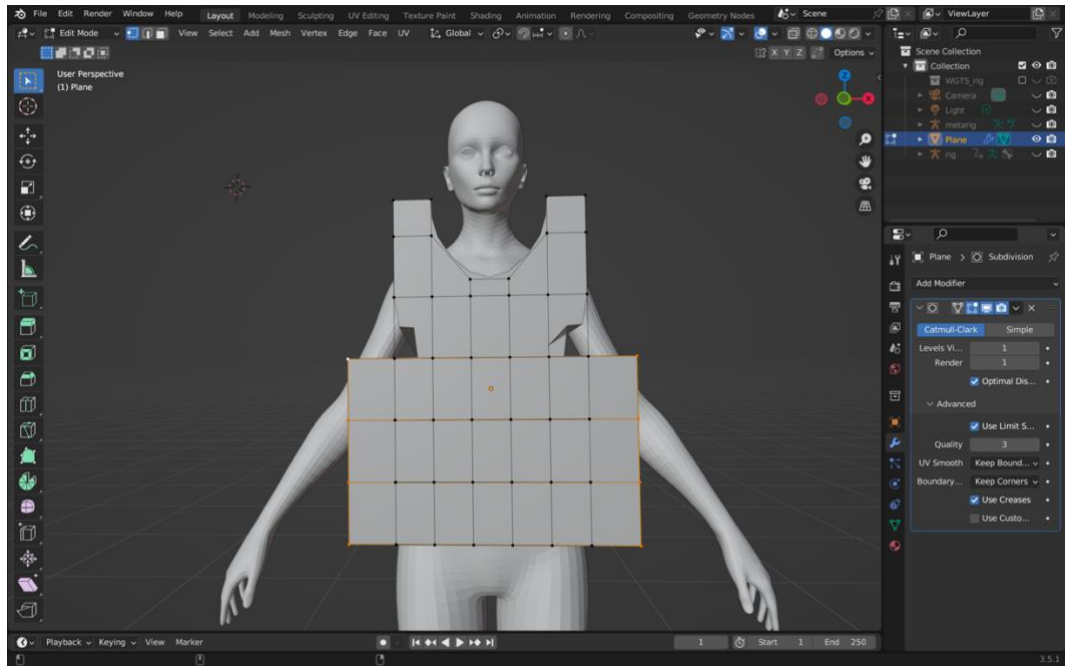
**Σχήμα 6.6:** Η κατασκευή των Μανικιών.

Εδώ δημιουργούμε το ύφασμα κάτω από τις μασχάλες (Σχήμα 6.7).

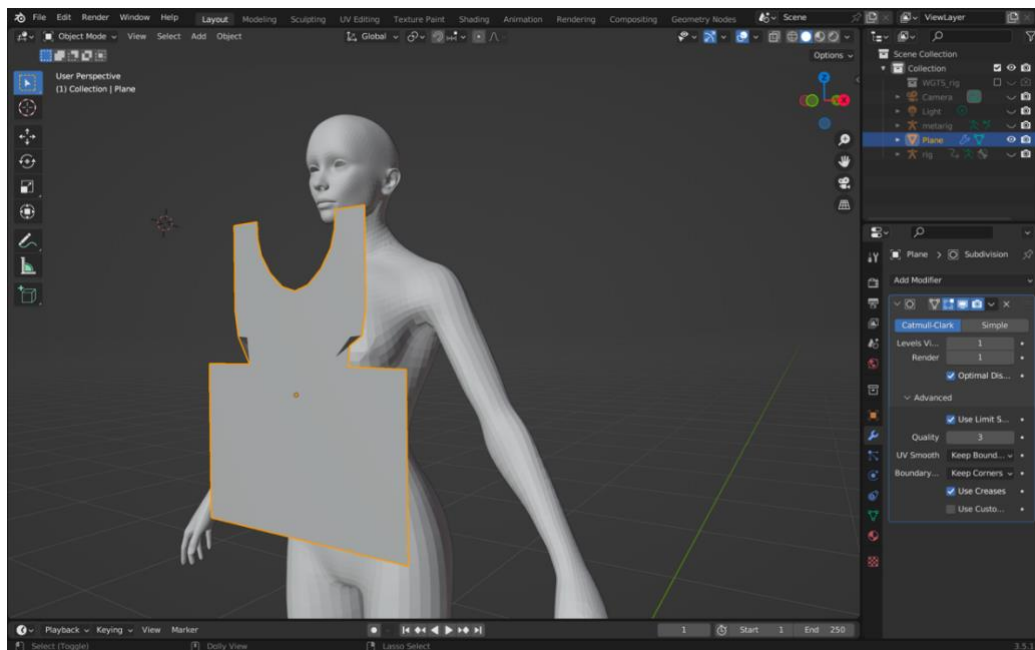


**Σχήμα 6.7:** Δημιουργία του υφάσματος κάτω από τις μασχάλες.

Για να βελτιωθεί η αληθοφάνεια της μπλούζας, κάνουμε μια ομαλή καμπύλη στο σχήμα, (Σχήμα 6.8, 6.9).

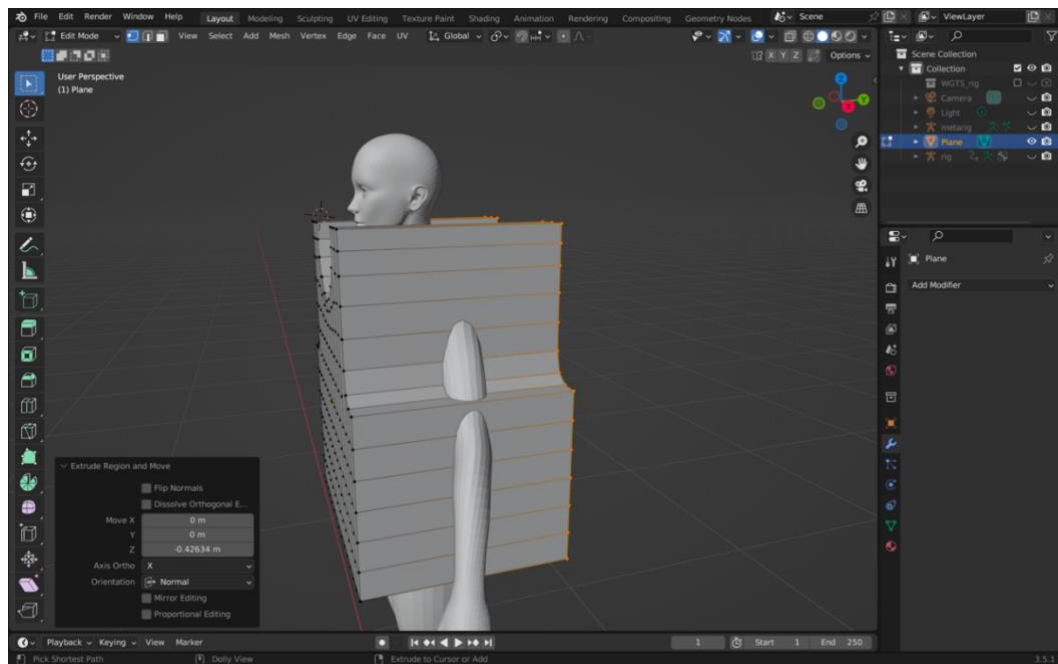


**Σχήμα 6.8:** Για μεγαλύτερη αληθοφάνεια της μπλούζας, κάνουμε μια ομαλή καμπύλη.



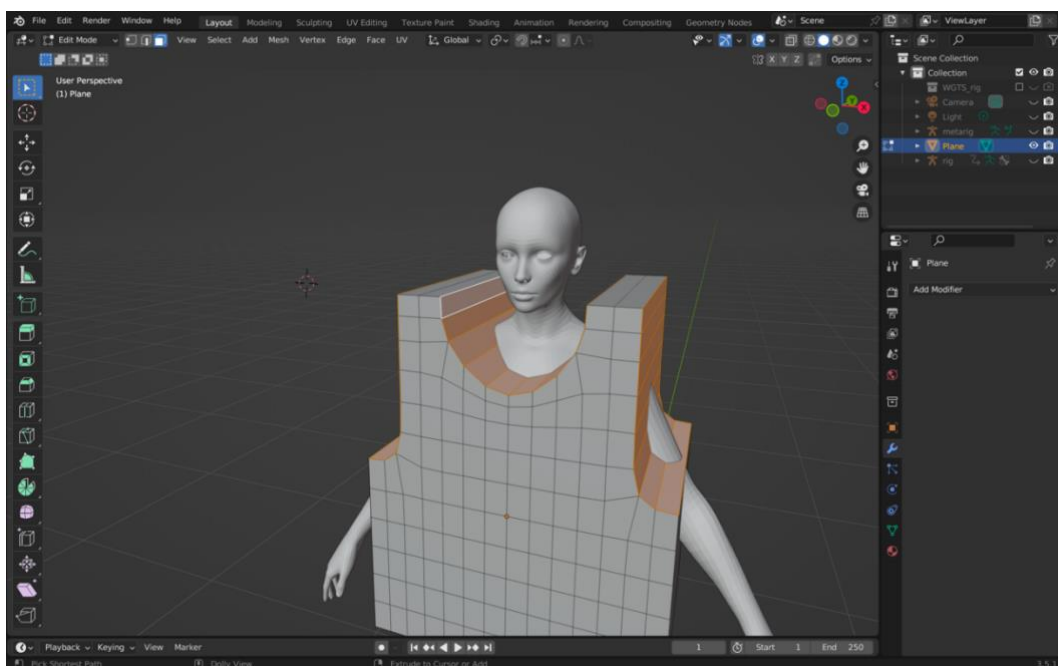
**Σχήμα 6.9:** Για μεγαλύτερη αληθοφάνεια της μπλούζας, κάνουμε μια ομαλή καμπύλη.

Προσαρμόζουμε τη θέση της μπλούζας, επεκτείνοντάς την και τοποθετώντας την ανάμεσα στο μοντέλο (Σχήμα 6.10).



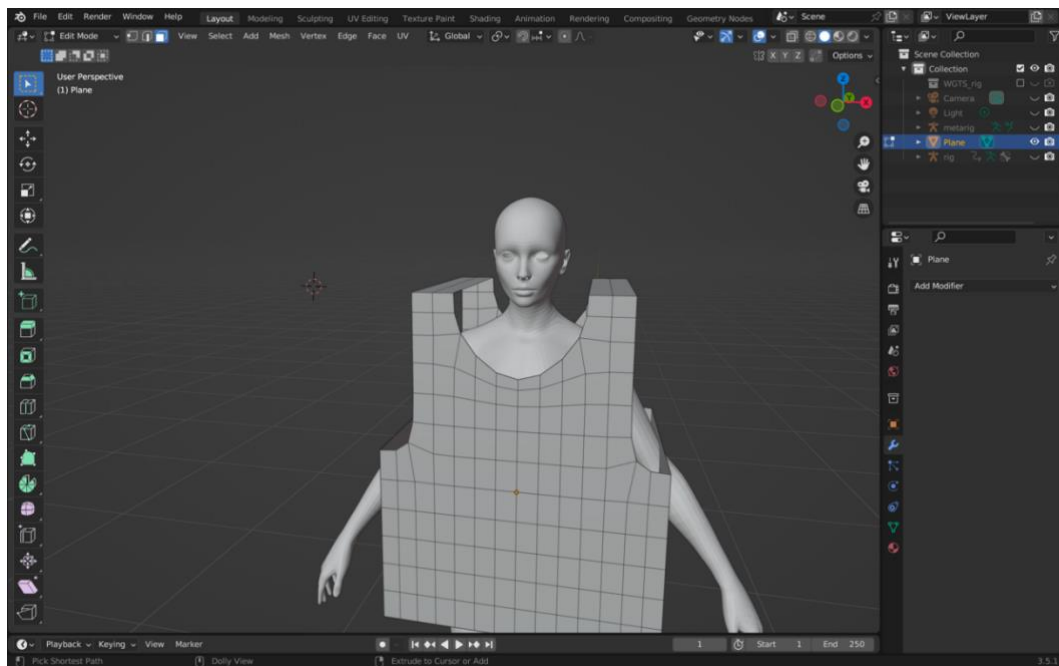
**Σχήμα 6.10:** Προσαρμογή της θέσης της μπλούζας, επεκτείνοντάς και τοποθετώντας την ανάμεσα στο μοντέλο.

Επιλέγουμε τα μέρη που θέλουμε «ανοιχτά». Αυτά είναι τα σημεία που θα βρίσκεται ο λαιμός, τα χέρια και ο κορμός, (Σχήμα 6.10).



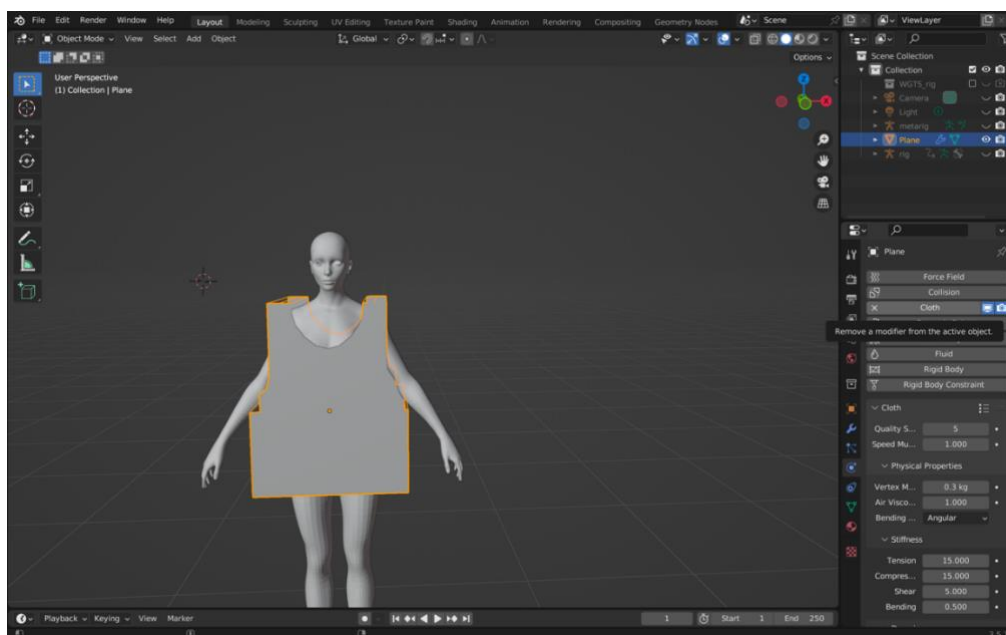
**Σχήμα 6.11:** Επιλογή των «ανοιγμάτων»: ο λαιμός, τα χέρια και ο κορμός.

Διαγράφουμε τα ανοίγματα και στη συνέχεια, επιλέγουμε τα υπόλοιπα μέρη: το μέρος του ώμου και της μασχάλης, τα οποία θα ραφτούν μεταξύ τους (Σχήμα 6.12).



**Σχήμα 6.12:** Επιλογή των λοιπών μερών τα οποία θα ραφτούν μεταξύ τους: το μέρος του ώμου και της μασχάλης, (Σχήμα 6.12).

Ρυθμίζουμε τη δομή σε ρούχο, βάζουμε την κίνηση καθώς και τη βαρύτητα και προχωράμε στο play (Σχήμα 6.13).



**Σχήμα 6.13:** Ρυθμίζουμε τη δομή σε ρούχο, βάζουμε την κίνηση και τη βαρύτητα και προχωράμε στο play.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6.14, η μπλούζα μας πλέον, επηρεάζεται από τα ατμοσφαιρικά χαρακτηριστικά και έχει κίνηση.

---

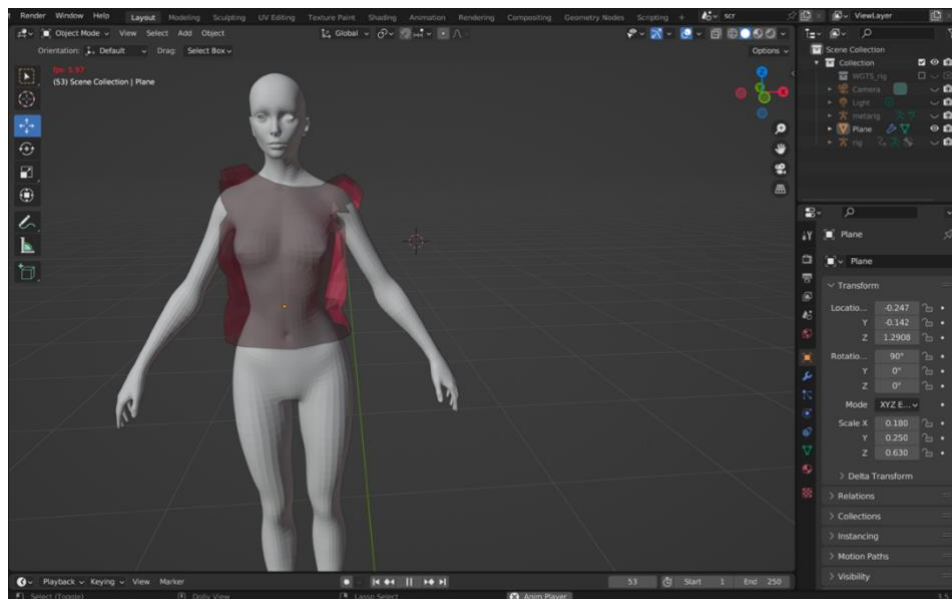
Μόλις το Cloth physics έχει προστεθεί στο πλέγμα, ένας Τροποποιητής υφάσματος προστίθεται στη στοίβα τροποποιητών του αντικειμένου. Ως τροποποιητής, λοιπόν, αλληλεπιδρά με άλλους τροποποιητές, όπως Armature και Smooth .



**Σχήμα 6.14:** Η μπλούζα πλέον, επηρεάζεται από τα ατμοσφαιρικά χαρακτηριστικά και έχει κίνηση.

Στην συνέχεια, χρωματίζουμε την Μπλούζα. Βάζουμε χρώμα και την τοποθετούμε στο σωστό, ακριβές σημείο μέσω του εργαλείου script, σε γλώσσα python.

Ο κώδικας ουσιαστικά τοποθετεί ένα αντικείμενο ένδυσης ("Plane" ) σε συνδυασμό με το μοντέλο ('polySurface277') και τα ενώνει, δίνοντας χρώμα και τοποθεσία (Σχήμα 6.15).



**Σχήμα 6.15:** Ο κώδικας τοποθετεί το αντικείμενο ένδυσης ("Plane" ) σε συνδυασμό με το μοντέλο ('polySurface277') και τα ενώνει.

Με τον ίδια ακριβώς διαδικασία μπορούμε να δημιουργούμε και κάθε άλλο ένδυμα (φούστα, παντελόνι κ.λ.π.).

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης αποθηκεύονται σε μια κρυφή μνήμη, έτσι ώστε το σχήμα του πλέγματος, αφού υπολογιστεί για ένα καρέ, αφού δώσουμε κίνηση, δεν χρειάζεται να υπολογιστεί ξανά.

### 6.4.2 Δημιουργία Κίνησης στο Μοντέλο

Το επόμενο κρίσιμο και πολύ εντυπωσιακό βήμα στην εξομοίωση των ρούχων είναι η κίνηση. Να δώσουμε κίνηση στο μοντέλο μας ώστε να δειχθεί ή συμπεριφοράς του ρούχου σε αυτό.

Για να δώσουμε σε ένα χαρακτήρα κίνηση ξεκινάμε δημιουργώντας μια νέα σκηνή στο Blender και εισάγοντας τον χαρακτήρα στη σκηνή, κάτι το οποίο έχουμε ήδη κάνει.

Έπειτα επιλέγεται ο κινητήρας (Rig), ο οποίος επιτρέπει την κίνηση που επιτρέπει την κίνηση.

Προσθέτουμε κλειδώσεις (keyframes) στα κόκαλα (bones) του χαρακτήρα σε διάφορες θέσεις και σε διαφορετικά χρονικά σημεία για να δοθεί κίνηση (Σχήμα 6.16).



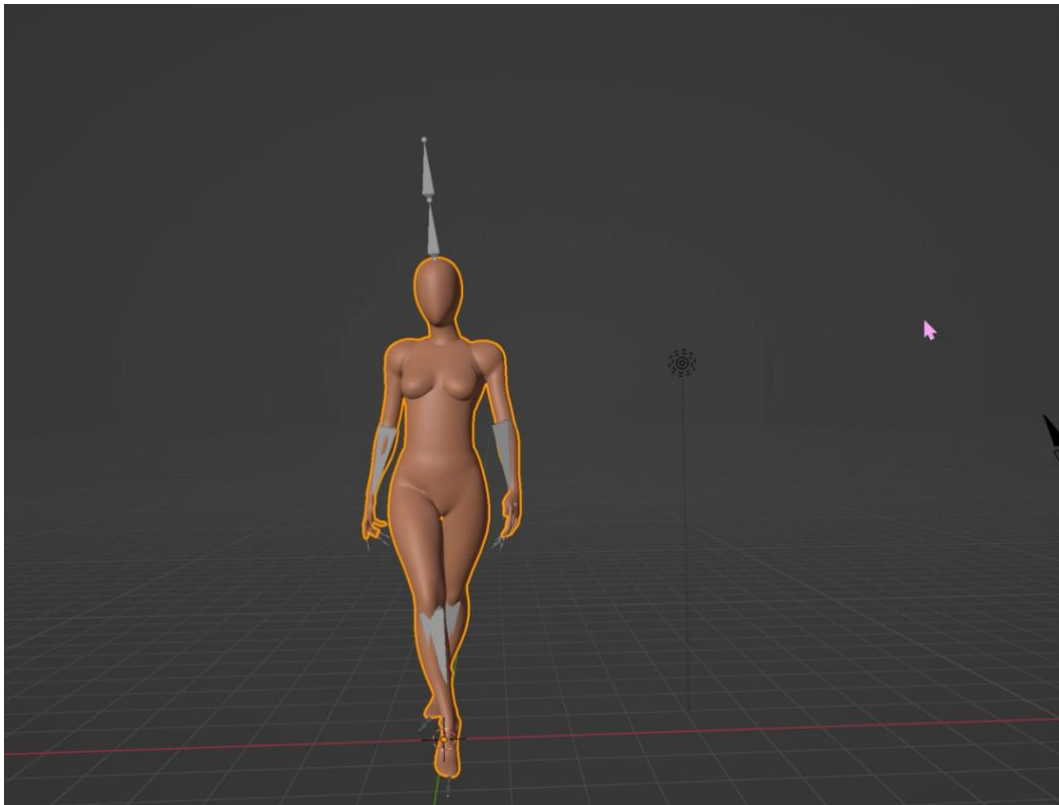
**Σχήμα 6.16:** Πρώτα βήματα για την εφαρμογή κίνησης στο μοντέλο μας.

Κάνουμε τις κατάλληλες ρυθμίσεις για τα ακόλουθα:

- **κλειδώσεις** (keyframes), για τη θέση (location),
- **περιστροφή** (rotation),
- **κλίμακα** (scale) των κόκαλων (bones), για να δώσει τον τύπο της κίνησης. Σαν να περπατάει.

---

Με τη χρήση του Blender Timeline ενεργοποιούμε τις κινήσεις και παίρνουμε τα εντυπωσιακά αποτελέσματα που δείχνονται στα Βιντεο που ακολουθούν.



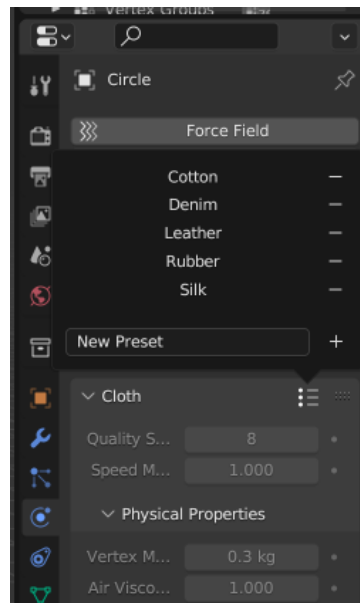
**Βίντεο 5:** Πρώτα βήματα για την εφαρμογή κίνησης στο μοντέλο μας.

Αφού βάλουμε κίνηση στον χαρακτήρα μας, ενώνουμε το ρούχο που έχουμε φτιάξει με το σκελετό που δημιουργήθηκε ώστε το ρούχο να ακολουθεί την ίδια κίνηση. Για να προσδώσουμε αληθοφάνεια στο ρούχο που δημιουργούμε μπορούμε να κάνουμε κάποιες ρυθμίσεις. Αυτές περιλαμβάνουν τον έλεγχο διαφόρων παραμέτρων της προσομοίωσης του ρούχου, καθώς και των υλικών.

Ορισμένες από αυτές τις ρυθμίσεις είναι:

- Πυκνότητα και Ελαστικότητα του Υφάσματος: Ρυθμίζουμε την πυκνότητα και την ελαστικότητα του ρούχου για να ανταποκρίνεται πιο αληθοφανώς στις κινήσεις και τις επιδράσεις από το περιβάλλον. Αλλά και το πόσο σκληρό ή ανάλαφρο θα είναι το ρούχο.
- Δυνάμεις του αέρα: Ρυθμίζουμε τη δύναμη του αέρα που επηρεάζει τον τρόπο που κινείται το ρούχο κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.
- Απόσταση Επίδρασης Αντικειμένων: Ορίζουμε την απόσταση επίδρασης των αντικειμένων που έρχονται σε επαφή με το ρούχο, όπως το σώμα του χαρακτήρα. Είναι σημαντικό μέλη του σώματος να μην ακουμπάνε μεταξύ τους, όπως το χέρι στον κορμό, ώστε να μην υπάρχουν εμπλοκές με το ρούχο.
- Σκιάσεις: Μπορούμε να δημιουργήσουμε σκίαση, μέσω της ζωγραφικής του Blender.
- Υλικά και Υφές: Ρυθμίζουμε το υλικό και την υφή του ρούχου.

- Γυαλάδα: Χρησιμοποιούμε κόμβους και τεχνικές χαρτογράφησης για να ελέγξουμε τη γυαλάδα του υφάσματος.



**Σχήμα 6.17:** Υλικά και Υφές: Ρυθμίζουμε το υλικό και την υφή του ρούχου.

Στο ακόλουθο βίντεο απεικονίζεται το μοντέλο μας με διαφορετικά υφάσματα προσαρμοσμένα στο ρούχο μας. Πως δρα το κάθε ρούχο ανάλογα με το ύφασμα.



**Βίντεο 6:** Ρεαλιστική προσομοίωση των υφασμάτων: Cotton, Denim, Rubber, Leather, και Silk.

---

Το τελικό αποτέλεσμα, έχοντας προσθέσει ένα background αλλά και ένα ακόμα ρούχο που σχεδιάσαμε, για την καλύτερη εμφάνιση του πειράματός μας.



**Βίντεο 7:** Το τελικό μοντέλο.

---

# Συμπεράσματα

Φτάνοντας στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα μπορούσα να ισχυριστώ πως και οι στόχοι που αρχικά είχαν τεθεί, σε ικανοποιητικό βαθμό, έχουν επιτευχθεί.

Ως πρώτος στόχος είχε τεθεί η ανασκόπηση και κατανόηση του ευρύτερου χώρου της Μηχανικής Μόδας (Fashion Engineering). Αυτό περιελάμβανε τη βαθιά κατανόηση του Τεχνολογικού μέρους του αντικειμένου, εμβάθυνση στην περιοχή της Τεχνητής Νοημοσύνης, Βαθιάς Μάθησης (DL), Γενετικής ΤΝ, Επαυξημένης Πραγματικότητας (AR) κ.α., καθώς στο χώρο της Μόδας. Αυτό οδήγησε στην κατανόηση των διαδικασιών μοντελοποίησης και Προσομοίωσης ενδυμάτων και στην εικονική δοκιμή ρούχων.

Ως Δεύτερος στόχος είχε τεθεί η πειραματική προσέγγιση κάποιων εφαρμογών, για την καλύτερη κατανόηση του αντικειμένου. Συγκεκριμένα αναπτύχθηκαν τρεις εφαρμογές:

- Αναπτύχθηκε εφαρμογή προσομοίωσης στην οποία το ύφασμα αλληλεπιδρά με μια μπάλα. Στο πείραμα αυτό αναπτύχθηκε εφαρμογή αναπαράστασης της μηχανικής συμπεριφοράς υφασμάτων, παρουσία εξωτερικών δυνάμεων. Της ελαστικότητας του υφάσματος. Η προσομοίωση παρουσιάζει ένα ύφασμα, (ένα πανί) ως ένα ευλύγιστο υλικό, που αντιδρά στη βαρύτητα και τις δυνάμεις ελατηρίων, δημιουργώντας φυσικές κυματώσεις και ανακλάσεις.
- Το επόμενο πείραμα αφορά την δημιουργία μιας εικονικής μπλούζας. Για την προσομοίωση ενός υφάσματος (Μπλούζας), χρησιμοποιήθηκε ο προσομοιωτής ρούχων Blender 3D. την ανάπτυξη μοντέλων υφασμάτων, με την χρήση γνωστών λογισμικών εργαλείων και με κώδικα σε γλώσσα python.
- Το επόμενο κρίσιμο και πολύ εντυπωσιακό βήμα ήταν η εξομοίωση των ρούχων σε κίνηση, εξομοίωση μοντέλων σε κίνηση. Με το πείραμα αυτό δώσαμε κίνηση στο μοντέλο μας ώστε να δειχθεί η συμπεριφορά του ρούχου σε αυτό.

Ακόμα, θα ήθελα να συμπληρώσω εδώ την πολύ θετική εμπειρία που αποκόμισα από την εφαρμοσμένη πληροφορική, κάτι που στο βαθμό αυτό δεν το είχα μέχρι τώρα αντιληφθεί.

---

## Βιβλιογραφία

- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Elias\\_Howe](https://en.wikipedia.org/wiki/Elias_Howe) "A Brief History of the Sewing Machine". ISMACS International. Retrieved May 22, 2010.
- [2] "The Story of Singer Sewing Machines in Scotland". Historic Environment Scotland Blog. 12 June 2020. Retrieved 6 January 2021.
- [3] B. G. Xu, "Identifying fabric structures with Fast Fourier Transform techniques," Textile Res. J., vol. 66, no. 8, pp. 496–506, Aug. 1996.
- [4] Nenni ME, Schiraldi MM. (2013) Validating Virtual Safety Stock Effectiveness through Simulation. International Journal of Engineering Business Management. in press.
- [5] Moon MA, Mentzer JT, Smith CD. (2003) Conducting a sales forecasting audit. International Journal of Forecasting. 19(1): 19-25.
- [6] <https://www.statista.com/statistics/1070736/global-artificial-intelligence-fashion-market-size/>.
- [7] Turing, A.: 1950, Computing machinery and intelligence, Mind LIX (59) (236), 433–460.
- [8] Rich E. & K. Knight "Artificial Intelligence", 2nd Edition, 1991
- [9] Russell, S. and Norvig, P.: 2002, Artificial Intelligence: A Modern Approach, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- [10] I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. Deep Learning. Adaptive computation and machine learning, MIT Press, 2016.
- [11] Y Bengio, I Goodfellow, A Courville - 2017 [file:///C:/Users/User/Desktop/Deep\\_Learning.pdf](file:///C:/Users/User/Desktop/Deep_Learning.pdf)
- [12] George Lawton, What is generative AI? Everything you need to know <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/generative-AI>
- [13] Nadia Magnenat-Thalmann, Christiane Luible, Pascal Volino and Etienne Lyard "From Measured Fabric to the Simulation of Cloth" MIRALab, University of Geneva, Switzerland, 2007
- [14] Bino Sebastian V, A. Unnikrishnan and Kannan Balakrishnan, GREY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRICES: GENERALISATION AND SOME NEW FEATURES, International Journal of Computer Science, Engineering and Information Technology (IJCSEIT), Vol.2, No.2, April 2012
- [15] S.Anila, K.Sheela Sobana Raniand B.SaranyaSri, Fabric Texture Analysis and Weave Pattern Recognition by Intelligent Processing. Ramakrishna Institute of Technology.
- [16] H. M. Behery, Effects of mechanical and physical properties on fabric hand. Woodhead, The Textile Institute, 2006
- [17] F.T. Peirce, The Handle of Cloth as a Measurable Quantity. Journal of the Textile Institute, Vol. 21, 1930.
- [18] Nadia Magnenat-Thalmann, Christiane Luible "The Simulation of Cloth using Accurate Physical Parameters" MIRALab - University of Geneva, 2008
- [19] Ε.Βασιλούλη , Σημειώσεις για το μάθημα Εισαγωγή στην δημιουργία και κατασκευή ετοίμου ενδύματος, 2000.
- [20] Nadia Magnenat-Thalmann, Hyewon Seo, Frederic CordierMIRALab - University of Geneva "Automatic modeling of virtual humans and body clothing", September 2004, Journal of Computer.

- 
- [21] F. Scheepers, R. E. Parent, W. E. Carlson and S. F. May, "Anatomy-based modeling of the human musculature", Proceedings SIGGRAPH '97, Los Angeles, CA, USA, pp.163–172, 1997.
- [22] J. Shen, D. Thalmann, "Interactive Shape Design Using Metaballs and Splines", Proc. of Implicit Surfaces '95, Grenoble, France, pp.187–196, 1995
- [23] J. Wilhelms and A. Van Gelder, "Anatomically Based Modeling", Proceedings SIGGRAPH '97, Los Angeles, CA, USA, pp. 173-180, 1997.
- [24] F. Devernay, O. D. Faugeras, "Computing Differential Properties of 3-D Shapes from Stereoscopic Images without 3-D Models", In Proc. Computer Vision and Pattern Recognition, Seattle, WA, USA, pp.208 –213, 1994.
- [25] NASA Reference Publication 1024, The Anthropometry Source Book, Volumes I and II.
- [26] F. Cordier, N. Magnenat-Thalmann, "Real-time Animation of Dressed Virtual Humans", Computer Graphics Forum, Vol. 21, No. 3, pp 327–336, Blackwell Publishers, 2002.
- [27] W. Lee, J. Gu and N. Magnenat-Thalmann "Generating animatable 3D virtual humans from photographs", Proc. Eurographics '2000, Computer Graphics Forum, Vol. 19, No. 3, pp. 1–10, Switzerland, 2000.
- [28] Cheeseman, B, Yen, C, Scott, B, Powers, B, Bogetti, T. (2006). From filaments to fabric packs simulating the performance of textile protection system. U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD.
- [29] De Deken, Joachim, «A BRDF analysis of cloth», 2010. <https://escholarship.org/uc/item/9zh862bt>
- [30] S. P. Ashdown, S. Loker, K. Schoenfelder and L. Lyman-Clarke, Using 3D scans for fit analysis. Journal of Textile and Apparel, Technology and Management 4, 1 (2004).
- [31] Gu, B, & Ding, X. (2004). A refined quasi-microstructure model for finite element analysis of three-dimensional braided composites under ballistic penetration. Journal of Composite Materials. Vol.39, 685-710.
- [32] R. Plaenkers, P. Fua and N. D'Apuzzo, "Automated Body Modeling from Video Sequences", Proceedings ICCV Workshop on Modeling People, Corfu, Greece, pp. 45–52, 1999.
- [33] Peng Guan, Loretta Reiss, David A. Hirshberg, Alexander Weiss, Michael J. Black, 2012 ACM Transactions on Graphics, "DRAPE: Dressing Any Person"
- [34] BEAZLEY, A., AND BOND, T. 2003. Computer-Aided Pattern Design and Product Development. Wiley-Blackwell.
- [35] Anguelov, D., Srinivasan, P., Koller, D., Thrun, S., RODGERS, J., AND DAVIS, J. 2005. SCAPE: Shape Completion and Animation of People. ACM Trans. Graphics (Proc. SIGGRAPH) 24, 3, 408-416.
- [36] <http://www.fxmirror.net/el/main>.
- [37] Kyu Sun Lee & Hwa Kyung Song, Automation of 3D average human body shape modeling using Rhino and Grasshopper Algorithm. <https://fashionandtextiles.springeropen.com/articles/10.1186/s40691-021-00249-6>.
- [38] Lee, S.-L. Study on Modern and Innovative Haute Couture Designer Iris van Herpen. Arch. Des. Res. 2014, 111, 175–195.
- [39] Samit Chakraborty and Manik Chandra Biswas, Fused Deposition Modeling 3D Printing Technology in Textile and Fashion Industry: Materials and Innovation.