

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica



Tesi di Laurea Magistrale

STRUMENTI PER LO SVILUPPO PRODOTTO NEL SETTORE MODA

Relatore:

Stefano Tornincasa

Candidato:

Angela Fumarola

Tutor aziendale:

Francesco Mazza

Anno accademico 2017/2018

INTRODUZIONE

L'industria della moda ha subito degli importanti cambiamenti nel corso degli ultimi anni, cambiamenti che hanno spinto sempre più verso la contrazione dei tempi di sviluppo e la crescita dei prezzi di vendita. Queste problematiche sono figlie della globalizzazione, dell'allargamento delle industrie fuori dai confini nazionali alla ricerca di manodopera a basso costo, e del generale cambiamento che l'industria ha subito: i clienti si aspettano sempre più collezioni, di buona qualità, a prezzi modesti e, soprattutto, in tempi sempre più ristretti.

Il rispetto del *Time to Market* e del *Time to Customer* è sempre più difficile da ottenere, soprattutto considerata la struttura sequenziale dell'industria della moda: all'inizio del processo si trova il reparto artistico che crea l'idea del capo, seguito da un reparto tecnico addetto all'ingegnerizzazione e all'industrializzazione di questo. La componente soggettiva di queste fasi unita alla difficoltà nel visualizzare un capo d'abbigliamento su carta, rende indispensabile la creazione del capo fisico, il capo campione, soggetto ad una lunga serie di spostamenti per subire modifiche e approvazioni e per fare da guida nei laboratori di produzione.

Il collo di bottiglia dell'industria dell'abbigliamento è dunque il grande periodo di tempo necessario all'approvazione del capo campione e in seguito all'attesa per l'invio e la ricezione di questo nei vari laboratori addetti alla produzione. Questo, unito ad una lunghissima *Supply Chain* sparsa per tutto il mondo, e a dei tempi troppo ristretti, porta alla ricerca di una serie di strumenti che riescano a smuovere la situazione.

Una più efficiente gestione dei dati e delle informazioni, filosofia alla base del PLM, viene fornita come soluzione, insieme all'utilizzo di strumenti di prototipazione virtuale. Attraverso il PLM si riuscirebbe a mettere in atto una condivisione efficiente all'interno di tutta la *Supply Chain*, rendendo più facile la comunicazione e più solidi i rapporti tra le diverse aziende.

In aggiunta agli strumenti di PLM, la prototipazione virtuale dei capi si pone come valida alternativa alla produzione reale del capo campione, poiché permetterebbe sia di risparmiare sulla produzione del capo effettivo, sia di muoversi verso un tipo di ciclo di vita del prodotto non più sequenziale ma simultaneo, in cui reparto artistico e tecnico collaborano in maniera stretta tra di loro per il raggiungimento di uno scopo comune.

Questo lavoro di tesi risulta quindi così strutturato: partendo da un'analisi della situazione attuale all'interno del mondo della moda, focalizzando l'attenzione sulle sue problematiche, verranno descritti gli strumenti CAD 2D e PLM a sostegno dello sviluppo prodotto. In seguito, una più approfondita analisi verrà riservata ai software di prototipazione 3D, analizzando tanto il loro sviluppo e la loro struttura, quanto il loro ruolo all'interno dell'industria e i vantaggi e gli svantaggi che comporterebbero al suo interno. Infine, verrà fornito un confronto tra due diversi software di prototipazione virtuale al fine di analizzarne le caratteristiche.

SOMMARIO

Introduzione	2
1 Industria della moda.....	4
1.1 Processo di produzione	4
1.1.1 Preparazione della collezione.....	5
1.1.2 Creazione e progettazione della collezione	5
1.1.3 Industrializzazione e sviluppo.....	6
1.1.4 Produzione.....	8
1.1.5 Vendita e restocking.....	8
1.2 Difficoltà	9
2 Tecnologie per l'industria della moda.....	11
2.1 Gestione del prodotto- PLM.....	11
2.2 CAD 2D per la moda	16
2.2.1 Creazione dei modelli	17
2.2.2 Sviluppo taglie: taglia, drop e statura (Pattern Grading)	19
2.2.3 Piazzamento (Marker Making)	22
3 Prototipazione 3D.....	25
3.1 Situazione attuale- CAD 2D	25
3.2 Situazione con 3D	27
3.3 Criticità e sviluppi futuri	29
4 Software 3D.....	31
4.1 Storia ed evoluzione	31
4.2 Simulazione 3D	33
4.2.1 Reverse Engineering del manichino	33
4.2.2 Pattern Wrapping.....	44
4.2.3 Pattern Flattening.....	47
4.2.4 Metodi di misurazione sui tessuti	52
4.2.5 Simulazione dei tessuti- Drappeggio	56
5 Caso Pattern e confronto 3D	61
5.1 Lectra Modaris® 3D Fit	62
5.2 CLO 3D	69
5.3 Confronto e considerazioni	71
Conclusioni	76
Bibliografia.....	78

1 INDUSTRIA DELLA MODA

Il settore della moda affonda le sue radici molto indietro nella storia industriale. La creazione di un capo di abbigliamento deriva innanzitutto dal bisogno primario di coprire il proprio corpo ma è stata legata fin dall'inizio anche all'affermazione di sé stessi e alla trasmissione di messaggi sociali e politici.

Essendo uno degli esempi di industria più longeva, il settore della moda è stato testimone di diversi cambiamenti nel corso del tempo, passando da lavoro interamente artigiano, all'industria moderna mediamente automatizzata. Questi cambiamenti nell'industria sono stati il riflesso dei cambiamenti avvenuti nel mercato: nel tempo si è passati infatti da una concezione di moda su misura, pensata e confezionata per un singolo cliente o per un gruppo ristretto, ad una produzione di massa, volta ad accontentare un pubblico molto vasto in cui rientrano persone di diverso sesso, età e corporatura.

Questo cambiamento radicale è avvenuto, come in altri settori dell'industria, in seguito al secondo dopoguerra: non si producevano più prodotti di qualità e "unici", destinati a durare per molti anni, ma si producevano capi più economici, di qualità inferiore e standardizzati, che potessero incontrare il gusto di un pubblico più vasto, lasciando quindi le forme e i design particolari e i tessuti pregiati all'alta moda e ai grandi marchi.

Negli ultimi anni, con la nascita delle piattaforme web e dell'e-commerce, si è assistito ad una nuova evoluzione, la nascita del *Fast Fashion*, fenomeno caratterizzato dal continuo rinnovamento dell'offerta disponibile in negozio, da mode che cambiano con ritmo di poche settimane e processi di produzione che, dovendo stare dietro a tempi così ristretti e alla necessità di avere prezzi per il pubblico sempre più bassi, devono rinunciare alla qualità dei capi, ai principi di ecosostenibilità delle industrie moderne e, soprattutto, ad un giusto trattamento etico e salariale delle persone coinvolte nella produzione stessa dei capi.

Lo stesso settore del lusso ha subito grandi cambiamenti, tanto che negli ultimi anni alcuni grandi marchi come *Burberry*, *Tommy Hilfiger* e *Versace* hanno dato vita al concetto di *See now Buy now*; è questo un nuovo modello di mercato che si discosta in modo netto da quella che era (ed è ancora) la pratica comune, in quanto prevede che l'intera collezione presentata durante le sfilate sia disponibile (nel negozio fisico mono brand, nel negozio online e presso i negozi di terzi) a poche ore dalla sfilata stessa. L'introduzione di questa nuova pratica ha messo profondamente in crisi l'intero settore, perché questo vuol dire che i capi devono essere prodotti tutti prima che i probabili e futuri clienti li abbiano visti, procedendo quindi con una produzione al buio, senza conoscere il numero di persone che acquisteranno quel determinato capo, in quale taglia e in quale delle varianti proposte.

1.1 PROCESSO DI PRODUZIONE

Il mercato dell'abbigliamento è un mercato caratterizzato da un ricambio continuo della merce proposta, con domande stagionali molto elevate a causa della stessa natura stagionale dei prodotti. Il processo produttivo utilizzato per i capi di abbigliamento viene indicato con il termine *New Product Development* (NPD) [1], con cui si vuole sottolineare la natura dinamica di questo tipo di processo produttivo. L'intero NPD avviene più volte durante l'anno (in passato due volte, essendo due le principali stagioni di un capo di abbigliamento, ma ultimamente sempre più spesso) e richiede diverse revisioni e continue interazioni tra i designer, gli stilisti e i tecnici addetti all'ingegnerizzazione e alla produzione.

Un capo di abbigliamento segue un ciclo di vita [2], ovvero la successione delle fasi che vanno dall'ideazione fino al ritiro dal mercato del prodotto, molto simile ad un qualsiasi prodotto industriale (fig. 1), ma nello specifico si compone di:

- Preparazione della collezione
- Creazione e progettazione della collezione
- Industrializzazione e sviluppo
- Produzione
- Vendita e restocking

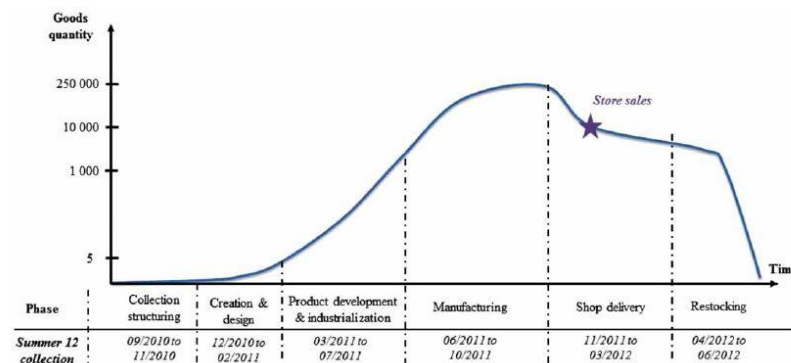


Figura 1- Esempio di variazione di stock per una maglietta polo durante una stagione (Fonte: Segonds et al. 2014)

1.1.1 Preparazione della collezione

La prima fase del processo produttivo è dedicata alle ricerche di mercato necessarie per il corretto posizionamento della nuova collezione e per essere sicuri di riuscire a piazzare sul mercato un prodotto che incontrerà realmente i gusti del pubblico.

Prima di tutto vengono revisionate le collezioni passate, analizzando l'andamento delle vendite, e in seguito si analizza il mercato in generale e l'evoluzione dei nuovi trend, al fine di individuarne il mercato di inserimento.

La fase di preparazione viene fatta molto prima della produzione effettiva e non comporta quasi nessun costo per l'azienda, se non quello del settore di ricerca e sviluppo, in quanto non un solo capo viene prodotto.

1.1.2 Creazione e progettazione della collezione

La seconda fase è quella che concerne la nascita dell'idea del prodotto che si vuole portare sul mercato. Attraverso le analisi svolte nella fase precedente, il team addetto alla pianificazione ha già alcune indicazioni sulla strada da seguire per la creazione dei nuovi capi. Il team di designer che si occupa della pianificazione è chiamato Ufficio Creativo e il suo direttore creativo è in genere la personalità più rinomata dell'intera firma.

Durante questa fase di pianificazione viene delineata a grandi linee la collezione che verrà presentata durante le sfilate, con i rispettivi modelli e le varianti di tessuti e colore. Vengono inoltre definite le scadenze necessarie per non ritardare l'immissione sul mercato della collezione, vengono scelti i fornitori che produrranno i capi (nel caso in cui non vengano prodotti all'interno della casa madre di moda) e i materiali da utilizzare, sia tessuti che accessori.

L'output di questa seconda fase sono gli "sketches", ovvero gli schizzi del capo disegnato dal fashion designer, corredati da delle brevi informazioni tecniche sui materiali da utilizzare.

1.1.3 Industrializzazione e sviluppo

Solitamente la fase di industrializzazione non viene svolta direttamente dalla casa madre ma viene affidata a dei fornitori esterni. Questa è una fase di preparazione, di passaggio alla produzione, in cui vengono analizzati gli sketches provenienti dal dipartimento artistico, ne viene studiata la fattibilità e vengono quindi definiti, attraverso un dialogo continuo con gli stilisti, i modelli che faranno parte della collezione, predisponendone tutto il necessario per la successiva produzione.

La fase di industrializzazione e sviluppo si compone di:

- Fase 3D-to-2D;
- Creazione del Tech Pack;
- Prototipazione;
- Campionario.

Con **3D-to-2D** si intende la fase in cui, dall'analisi degli sketches inviati dagli stilisti, vengono estrapolati i modelli 2D dei singoli pezzi che andranno a comporre il capo finito (fig. 2); questa intera fase viene svolta da dei tecnici, chiamati *Pattern Maker* e addetti alla creazione dei Pattern, ovvero i modelli 2D che cuciti insieme daranno poi vita al capo.



Figura 2- Estrazione dei pattern dallo sketch di un cappotto da uomo (Fonte: "Il modellismo, sartoriale e industriale" di F. Burgo 2018)

La **creazione del Tech Pack** è essenzialmente la raccolta di tutti i documenti necessari alla caratterizzazione di un capo; essi comprendono la distinta base, i file con i modelli 2D (oppure, se la fase di disegno non è svolta a computer, i cartamodelli fisici), le tabelle con le misure di riferimento, le informazioni per il confezionamento ed altri.

Questi primi due passaggi vengono soltanto guidati dalle indicazioni provenienti dal reparto artistico, e si basano molto sull'interpretazione personale di chi lavora nell'ufficio tecnico; a causa di ciò, non è sempre immediato che il prodotto di queste fasi rispecchi l'idea originale dello stilista, rendendo quindi necessarie diverse iterazioni prima di arrivare al prodotto finito vero e proprio.

Nella fase di **prototipazione** vengono presi i pattern estrapolati nella prima fase e vengono definite le corrette caratteristiche geometriche, tali da rispettare le tabelle misure fornite dalla casa madre. La modellatura dei vari pezzi viene fatta al computer su programmi CAD 2D sviluppati appositamente per il settore del fashion e viene fatta seguendo delle precise regole antropometriche di modellatura, con il fine di vestire correttamente un corpo 3D.

Definiti i pattern che compongono il capo e i diversi materiali, si passa alla realizzazione del primo capo fisico attraverso l'operazione di confezione, che prevede diversi passaggi come la cucitura, l'incollaggio, lo stiraggio e l'applicazione dei particolari e degli organi di chiusura; questo passaggio è assolutamente necessario, perché è tutt'ora molto complicato capire se l'insieme dei singoli pattern vestirà poi bene sul manichino e su una persona reale. Certamente l'esperienza risulta fondamentale per un'accurata realizzazione dei pattern, ma la creazione del capo fisico rimane ancora indispensabile. Il primo prototipo è ancora ben lontano dal capo finito, ma è fondamentale per verificare la bontà del dimensionamento dei pattern, la scelta dei pezzi interni come le fodere e gli elementi accessori, ma anche per valutare la scelta del tessuto. Questa fase prevede un continuo dialogo tra il reparto creativo e quello tecnico, al fine di giungere ad un capo che si avvicini quanto più possibile all'idea originale dello stilista.

Stabilita la geometria del capo, si passa alla fase di **campionario**, in cui vengono valutate le varianti dei capi ipotizzate nella fase di pianificazione; vengono successivamente analizzate diverse combinazioni di colore e di tessuti, sempre attraverso la creazione di un capo fisico, il *Capo Campione*, che dovrà subire diverse sessioni di fitting per ricevere l'approvazione dello stilista e del responsabile della produzione. Soltanto quando i capi campione vengono approvati si può procedere con la produzione vera e propria.

La fase di industrializzazione rappresenta la fase più lunga dell'intero processo: in questa fase i designers hanno molta libertà, possono sperimentare con diversi modelli, fantasie e tessuti, ma questo fa aumentare di molto il time to market (fig. 3) a causa delle continue interazioni che sussistono tra i due diversi dipartimenti [3].

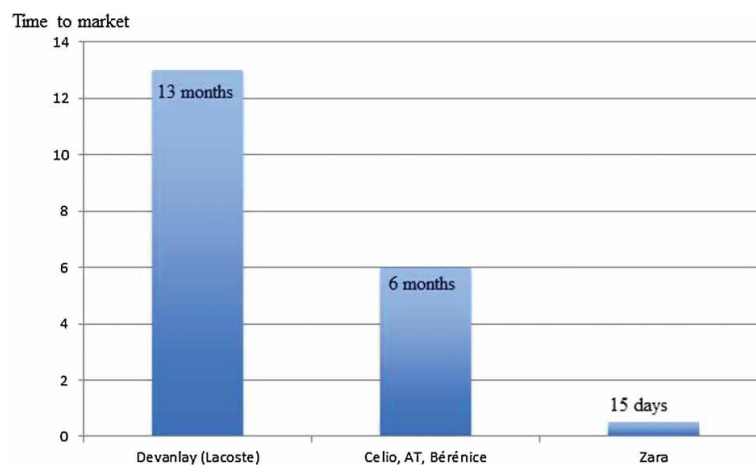


Figura 3- Esempio di time to market in diverse aziende: il TTM per aziende di fascia alta è molto maggiore rispetto ad aziende di Fast Fashion (Fonte: Segonds et al. 2014)

Inoltre, molto raramente il reparto artistico e quello tecnico si trovano all'interno della stessa azienda, cosa che rende complicata la comunicazione e allunga molto i tempi, soprattutto considerato che questo processo prevede continui rimaneggiamenti dei modelli e quindi continue attese per le approvazioni. A questo si aggiunge anche un problema di compatibilità tra i file scambiati, dovuto al fatto che non sempre in aziende diverse si utilizzano gli stessi programmi. Infine, c'è la creazione vera e propria dei prototipi e dei capi campione: ogni volta che è definito il tech pack e i pattern, viene creato un ordine di lavorazione contenente la lista di prelievo dei materiali e degli accessori coinvolti.

Per quanto riguarda i tessuti viene svolta l'operazione di *Piazzamento* (fig. 4), che consiste nella generazione di matrici di taglio, dei file contenenti il posizionamento dei vari pattern sul tessuto.

Il posizionamento viene effettuato mediante degli appositi programmi che permettono all'utente di definire le caratteristiche del materiale e di ottimizzare il consumo della fase di taglio, al fine di ridurre quanto più possibile gli scarti di tessuto. Qualora il tessuto fosse molto particolare, la fase di piazzamento e di taglio viene ancora svolta manualmente (fig. 5).

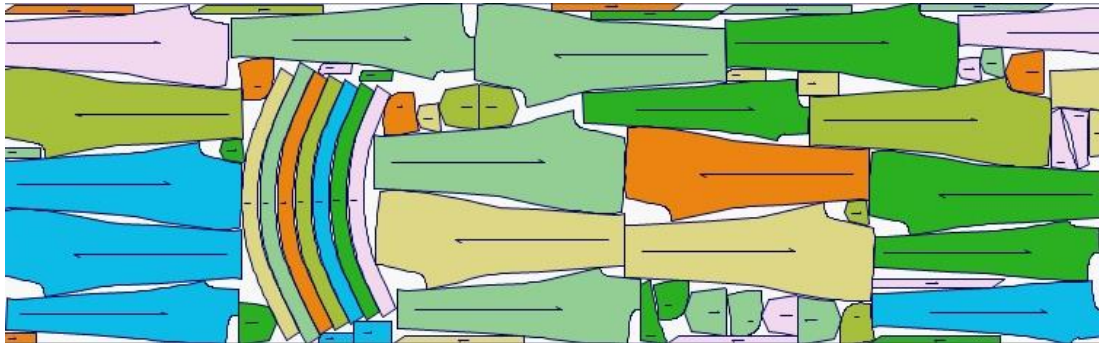


Figura 4- Piazzamento di un modello (Fonte: Optitex)



Figura 5- Taglio manuale e automatizzato (Fonte: GarmentMerchandising)

Una volta piazzati e tagliati i pezzi con delle apposite macchine collegate agli altri computer tramite connessione CAD/CAM, l'ultimo step è quello del confezionamento, l'assemblaggio dei vari componenti del capo.

1.1.4 Produzione

La fase di progettazione si conclude con la definizione dei capi campione, ovvero dei capi che compongono la collezione, considerati in tutte le loro varianti. Dalle informazioni tecniche dei singoli capi (distinte base e consumi) vengono definiti i fabbisogni di materie prime (tessuti e accessori) e, incrociando questi con le quantità di prodotti venduti, vengono definiti gli approvvigionamenti.

Stabilite tutte queste informazioni, vengono decisi gli eventuali laboratori esterni che si occuperanno della produzione (in toto o di una parte di essa) e si inizia con la produzione vera e propria.

1.1.5 Vendita e restocking

La campagna vendite di una collezione (almeno per quanto concerne i grandi marchi di lusso) inizia con le sfilate, che fungono come una sorta di catalogo dei prodotti offerti. Fino a non molto tempo fa erano previste solo due sfilate annuali, una per il periodo invernale e una per quello estivo, mentre

negli ultimi anni si è visto l'aumento del numero di collezioni e di sfilate, e la creazione di collezioni trasversali nel periodo tra una sfilata e l'altra.

In genere, dal momento della sfilata si iniziano a prendere gli ordini dei prodotti, lasciando un determinato arco di tempo tra la sfilata stessa e l'arrivo sul mercato dei capi. Con l'introduzione del *See now buy now* questo ritardo tra debutto della collezione e uscita sul mercato si è accorciato di molto, arrivando quasi a far coincidere i due eventi. La fase di vendita raggiunge un apice che corrisponde al periodo di massimo profitto dell'azienda e poi inizia una fase di declino con l'avvicinarsi della nuova collezione.

1.2 DIFFICOLTÀ

Come si evince da questa breve descrizione del processo, la creazione di un capo di abbigliamento è un processo molto complesso, che rischia di ricadere molto facilmente in una serie di problematiche che possono impedire la buona riuscita della campagna di vendite [4]. L'industria della moda ha lo svantaggio di essere costituita da una filiera molto lunga e da un ciclo di vita del prodotto molto corto; questo fa sì che i tempi necessari per la pianificazione, la progettazione e la produzione siano molto ristretti, con scadenze di consegna molto ravvicinate e spesso non adeguate alla mole di lavoro da svolgere. Inoltre, si è parlato di come questa situazione venga aggravata dai problemi di comunicazione all'interno della filiera: negli ultimi anni tutti i settori industriali hanno assistito al fenomeno del decentramento, ovvero l'allargamento dell'azienda (attraverso succursali e fornitori) oltre i confini nazionali e continentali; le varie aziende hanno spostato delle loro sezioni o si sono affidate ad aziende presenti per lo più nelle zone del medio oriente, dove la manodopera costa molto poco.

Altro problema è la lunghezza della filiera, in cui rientrano tantissime entità aziendali, che vanno dalle case di moda, ai produttori di tessuti, agli uffici tecnici dei modellisti, i laboratori di taglio e confezione, tutte le imprese che si occupano delle lavorazioni secondarie sui tessuti, come stampatori, ricamatore, pellicciai, conciatori, e così via.

In tutto questo, risulta necessario e imprescindibile per il successo della collezione e della casa di moda che l'ha ideata, il rispetto del Time to Market. In un mercato molto veloce e dinamico come è il mercato della moda i tempi sono molto contratti rispetto ad altri tipi di realtà e quindi risulta quanto mai complicato per tutti i partecipanti alla filiera rispettare le proprie scadenze. La schedulazione delle varie operazioni deve essere fatta in modo da tener conto dei tempi dei singoli processi, cercando di ottimizzare questi ultimi senza essere costretti a pagare in termini di qualità dei prodotti o di prestigio delle aziende coinvolte. Solo il rispetto del time to market permette alla casa di moda di riuscire ad immettere i propri prodotti in tempo sul mercato e di portare avanti una vincente e profittevole campagna di vendite.

Ricapitolando, i principali problemi affrontati dal settore moda sono (fig. 6):

- Elevata rapidità di cambiamenti;
- Scadenze molto ravvicinate;
- Numerosità dei partecipanti alla *Supply Chain*;
- Decentramento dei fornitori;
- Vincoli di ecosostenibilità.

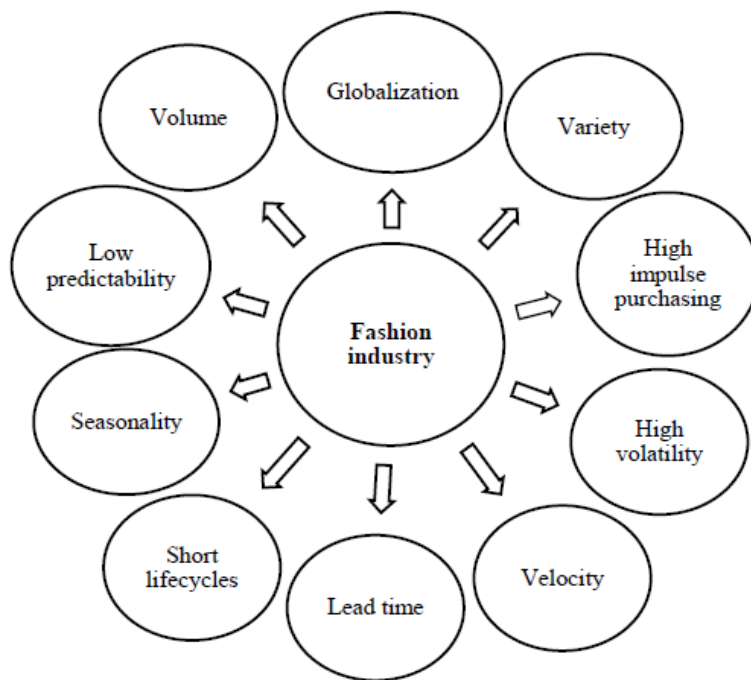


Figura 6- Caratteristiche principali della moderna industria dell'abbigliamento (Fonte: Čiarnienė et al. 2014)

L'unico modo in cui l'industria della moda può sopravvivere a queste criticità è creando un processo che sia sempre più automatizzato, sia nell'organizzazione e nella gestione dei dati che nella creazione dei modelli e nella produzione dei capi. Un'industria che funziona in modo efficiente in tutte le sue componenti è in grado di produrre meglio, rispettando i gusti del pubblico e i giusti tempi, di mantenere alti gli standard di qualità senza aumentare eccessivamente i prezzi di vendita, e di rispettare i vincoli di ecosostenibilità che tutte le moderne aziende sono tenute a rispettare.

2 TECNOLOGIE PER L'INDUSTRIA DELLA MODA

In questo capitolo verranno analizzate le principali tecnologie in uso nel settore moda; come visto nel capitolo introduttivo, questo settore è soggetto a particolari difficoltà per quanto riguarda l'imprevedibilità della domanda, un ciclo di vita del prodotto molto ristretto e una Supply Chain molto lunga e con i componenti spesso distanti tra di loro.

Ne consegue che le aziende che operano in questo settore devono avvalersi di strumenti tecnologici che aiutino ad ottimizzare i processi in termini di tempo, qualità e costi.

Poiché questo lavoro di tesi è stato svolto in seguito ad un'attività di tirocinio in azienda, dopo un breve trattato sui singoli strumenti, verranno descritti più nel dettaglio i rispettivi software utilizzati nell'azienda di riferimento.

Pattern S.r.l. nasce a fine 2000 quando Fulvio Botto e Franco Martorella [5], già modellisti presso il Gruppo Finanziario Tessile, decidono di sfruttare le proprie esperienze per creare la propria iniziativa imprenditoriale (fig. 7). Pattern si occupa dello sviluppo del prodotto moda, dalla definizione dei pattern e sviluppo taglie e piazzamento, all'ingegnerizzazione del modello e alla sua produzione. L'azienda ha subito una forte crescita negli ultimi anni, grazie anche alla collaborazione con importanti marchi della moda, come Burberry, Galliano e Valentino. Nel 2014 acquista il marchio Esemplare, specializzato nel segmento sportswear/urban; quest'ultima acquisizione permette al marchio Pattern di presentarsi sul mercato non solo come fornitore intermedio per altri marchi, addetto all'ingegnerizzazione e produzione dai capi, ma anche come azienda di moda a tutto tondo, con una linea presente "in casa" dall'ideazione, alla produzione fino anche alla sua distribuzione.



Figura 7- Logo Pattern

Pattern è attrezzata con software Lectra, azienda francese specializzata in software CAD e sistemi di taglio automatico CAM destinati alle industrie che utilizzano materiali molli, come appunto tessuti e pelli. Nei paragrafi successivi verranno meglio descritti sia i software relativi al PLM Lectra che quelli relativi alla parte CAD.

2.1 GESTIONE DEL PRODOTTO- PLM

In qualsiasi settore dell'industria che si occupa della produzione di un bene, è essenziale una buona gestione delle informazioni e dei processi che accompagnano il bene stesso, dalla sua iniziale ideazione fino al suo decadimento e ritiro dal mercato.

Agli inizi del 2000 ha iniziato a svilupparsi una nuova filosofia, quella del *Product Lifecycle Management* (PLM), che si inserisce insieme ai concetti di *Just In Time* (JIT) e *Lean Production* nel *New Product Development* (NPD), ovvero in un tipo di sviluppo del prodotto innovativo e più efficiente, che si avvale di tecnologie all'avanguardia e in cui diventa fondamentale, a causa della distanza tra gli organi coinvolti, una corretta comunicazione tra di essi.

Il PLM [2] [6] non è da intendersi come un'unica tecnologia o software, ma come un vero e proprio approccio strategico e integrato, un insieme di tecnologie volte alla gestione delle informazioni, delle

risorse e dei processi a supporto del ciclo di vita del prodotto, dalla sua ideazione, allo sviluppo, al lancio sul mercato, fino al ritiro [7].

Mentre negli altri ambiti della produzione dei beni il concetto di PLM è ormai diventato fondamentale per la gestione delle informazioni, nell'ambito della moda, settore come si è visto più "lento" degli altri nell'apprendere e accettare le nuove tecnologie, è ancora in fase di accettazione. Tuttavia, un cambio della mentalità (e quindi delle risorse) è d'obbligo, dal momento che le stesse fondamenta del sistema moda sono in evoluzione.

D'Amico et al. [8] parlano del sistema moda come un *Cluster*, ovvero come un gruppo di marchi e di agenti economici correlati tra loro, il cui vantaggio competitivo rispetto ai propri concorrenti è dato proprio dall'interconnessione tra queste diverse entità. Difatti, il sistema moda non è più da considerarsi come una catena di valore, dove i processi si susseguono sequenzialmente e ogni protagonista della catena aggiunge valore al prodotto, ma come una rete di entità profondamente connesse tra di loro. La differenza tra la catena di valore e la rete di valore è che, mentre la prima è destinata all'ottimizzazione del prodotto, la seconda si rivolge al mercato tutto, non focalizzandosi sul singolo prodotto che viene lavorato, ma sul mercato che lo deve accogliere e soprattutto sulle sue inflazioni, in modo da riuscire a rispondere con sempre maggiore velocità ai cambiamenti e a proporre di volta in volta il prodotto che il mercato vuole.

Questo tipo di concetto di rete di produzione si inserisce anch'esso nell'evoluzione dell'organizzazione del ciclo di vita del prodotto: tra la fine degli anni 80 del secolo scorso e l'inizio degli anni 90 ci si è resi conto di come due strade fossero possibili, quella della **Progettazione Sequenziale** e quella della **Concurrent Engineering**. La prima altro non era che lo sviluppo classico del prodotto, quello in cui si ha prima la fase di ideazione e progettazione e, solo alla fine di quest'ultima, la fase di produzione. Tuttavia, questo tipo di strategia presentava delle problematiche, dovute proprio alla mancanza di comunicazione tra le due fasi: chi progetta non pensa a chi produce e quindi molto spesso in fase di produzione sorgono dei problemi che rendono necessario un ritorno alla fase di progettazione e portano ad una dilatazione dei tempi e quindi anche a dei probabili ritardi.

Nella Concurrent Engineering è prevista invece la collaborazione tra le personalità interessate ai diversi stadi dei processi produttivi: in questo modo già in fase di progettazione possono venire a galla le future problematiche della produzione e possono essere eliminate. Si vede come solo attraverso la comunicazione delle diverse parti si può giungere all'ottimizzazione dell'intera catena di valore.

È proprio in questa ottica che si inserisce il concetto di PLM, che può essere visto in generale come un accesso condiviso ad una fonte comune a cui attingere dei dati. Essendo il PLM un'integrazione di diversi applicativi software, esso è diviso in diversi moduli, il cui grado di applicazione in un'azienda ne stabilisce il suo grado di innovazione tecnologica.

Essenzialmente si può dividere il PLM su tre categorie fondamentali [2]:

- Product Data Management (PDM);
- Gestione delle configurazioni;
- Sistemi di progettazione.

Con **PDM** si intende la gestione di tutte le informazioni relative al prodotto generate all'interno dell'azienda, indipendentemente dalla loro provenienza [7]. La caratteristica principale del PDM è la gestione di informazioni di tipo ingegneristico, quindi i disegni costruttivi con le indicazioni sul loro rilascio, le modifiche, i materiali e i processi utilizzati, norme e specifiche tecniche per il controllo qualità e la gestione della distinta base.

Esso racchiude diverse funzionalità, ma si possono elencare le principali come segue:

- **Diritti di accesso:** si possono definire dei gradi di utilizzo per i vari utenti, così che vengano stabilite le azioni che ogni utente può o non può fare (sola lettura di un file, oppure modifica, creazione, eliminazione, ecc.);
- **Vault:** con questo termine si intende la struttura di archiviazione dei dati, che è comune per tutti gli utenti. Quando un utente accede al server e apre un documento, una copia di esso viene creata sul proprio terminale;
- **Blocco delle modifiche:** quando un utente ha aperto un documento e sta effettuando delle modifiche su di esso, viene bloccata agli altri utenti la possibilità di effettuarne a loro volta. In questo modo vengono evitati spiacevoli episodi di sovrascrittura di informazioni importanti;
- **Stati:** ogni documento viene identificato con uno stato, che indica il suo grado di “maturazione”, ovvero la posizione all’interno della catena di produzione. Alcuni stati possono essere “Bloccato”, “In attesa di approvazione”, “Spedito a” ecc.;
- **Workflow:** questi sistemi permettono di modellare i vari processi e di rendere automatizzate le varie azioni.

La categoria del PDM è la parte centrale e più importante dell’intero PLM, perché è quella in cui vengono raccolte tutte le informazioni relative al prodotto (grazie anche alla collaborazione con gli strumenti CAD) e in cui si definisce l’intervento dei singoli utenti nella catena di lavorazione.

La **Gestione delle configurazioni** consiste invece nel controllo delle informazioni relative al prodotto e nella loro semplificazione in informazioni base.

I **Sistemi di Progettazione** comprendono, infine, tutti quei software che rendono la condivisione tra vari utenti più semplice, come condivisione degli schermi dei computer, scambi di messaggi ed altro.

Nel settore della moda l’utilizzo del PLM, anche se non ancora così diffuso, risulta quanto mai necessario, essendo i concetti di configurazione e tracciabilità essenziali.

Ogni collezione è composta da tanti capi, corredato ciascuno da una serie di dati che lo caratterizzano, come:

- Codice di riferimento;
- Colore, taglia, universo;
- Linea di produzione di appartenenza (giacca, pantalone, cappotto, ecc.);
- Mercato di riferimento;
- Modelli geometrici;
- Bill of Material (BOM);
- Costi e prezzi di vendita.

Si vede come i dati che circolano durante lo sviluppo di un prodotto siano tanti e quindi solo uno strumento volto alla giusta condivisione di questi possa essere utile in termini di guadagno.

L’utilizzo di piattaforme PLM risulta molto vantaggioso per le aziende che decidono di farne uso, in quanto permette a queste di andare incontro a cambiamenti sia all’interno della loro organizzazione, sia all’esterno nel rapporto con le altre entità produttive e commerciali. Inoltre, il PLM permette un aumento della competitività aziendale in quanto:

- Incoraggia l’innovazione;
- Permette un rapporto più stabile tra cliente e fornitore;

- Promuove l'eccellenza nelle operazioni, riducendo gli scarti di tempo e denaro lungo tutta la catena di valore;
- Abbraccia la globalizzazione, permettendo un'efficace condivisione dei dati anche quando le parti coinvolte si trovano molto distanti le une dalle altre;
- Permette un'ampia complessità dei prodotti, grazie all'efficiente comunicazione tra i vari dipartimenti coinvolti;
- Accorcia il ciclo di vita del prodotto attraverso la riduzione del processo di sviluppo;
- Spinge le informazioni verso la Supply Chain;
- Tiene conto anche delle problematiche ambientali.

Quella del PLM è una strategia molto giovane e in continua evoluzione: negli ultimi anni si è assistito alla nascita del PLM 2.0, che ha raccolto le innovazioni derivanti dalla condivisione online di informazioni e che si avvantaggia dell'uso di simulazioni 3D.

Per gli applicativi software Pattern fa affidamento a Lectra [9], azienda francese leader del settore produttivo con tessuti. Il PLM di Lectra permette di monitorare con efficacia ogni fase del ciclo di sviluppo delle collezioni, migliorando la collaborazione e il controllo delle singole fasi e la gestione della catena di approvvigionamento. Le informazioni vengono memorizzate su un'unica piattaforma (il Vault di cui discusso prima) in modo da migliorare la collaborazione tra i progettisti, i responsabili dello sviluppo prodotto, il team di produzione e i fornitori, per velocizzare il processo di sviluppo delle collezioni. Le informazioni vengono costantemente aggiornate per rendere sempre più tempestivi ed efficienti i processi decisionali e raggiungere gli obiettivi preposti.

Il PLM funziona come un normale database: esso raccoglie diversi argomenti, chiamati Classi, divisi per area di interesse (fig. 8).

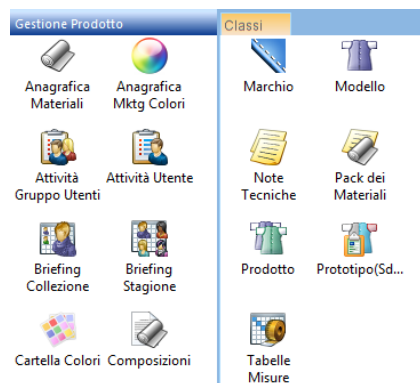


Figura 8- Classi

Tra le classi del PM Lectra si possono trovare le informazioni relative ai materiali, ai colori dei tessuti, a tutte le tabelle misure divise per marchio, oltre che le varie To-Do List per ogni utente o gruppo di utenti e le pagine del modello e del prodotto.

Informazioni Gruppo Utenti: CAD GESTION - Modulo: INSP_3_RL300709.01.X

Tipo	Codice	Fase	Descrizione	Rol. Mod Cliente
1	01		MEN JACKET	Modellez.

Sistema	INSP	PE 2019	Livello		Canc.	Prodotto finito	Tess. Princ.	Tess. Cliente
Marchio	No		Settore	U	☐			

Invi affid Note Gi

Selez. Tutti e Stampa Pisci

Blocca Ri: CAD ☐ Blocca Taglie Man. ☐

< _____ >

Informazioni Tecniche

Famiglia Desc: Famiglia Pro.

GIA BRACCA

Sotto Famiglia Desc: Sotto Fam. Pro.

SPOD SKPODEKATO

T. Misura ES

T. Misura IM

Note Tecniche ES

Note Tecniche IM

Azioni sul Prodotto | **Manuale del Prodotto** | **Modello CAD** | **Annotazioni Taglie Manuali**

Set Taglie UOMO

taglia iniziale	Taglia Base	Taglia finale
44	48	60

Controllo Utente | **Stato** | **Dati** | **Avanzamento** | **Data**

Proprietario Stato 01 Primo Prototipo

Creato Da Creato il

Modificato Da Modificato il

STATO	DATA	GIORNI	Ore	Minuti

Appunti Modellatura

Data Sviluppo Modello Desc: Fase

Data Sviluppo Prototipo

Capo Campione No

Note Avanzamento

Note Libero

Num. Sgappoli Num. Pazzali Num. Ore

COO-CLIENTE/GARMA

Taglie IM 50

RAG.SICOLI

Note Capo Campione

Informazioni Contabili

La scheda modello (fig. 9) viene creata quando viene creato il primo modello 2D di un capo; in essa si possono distinguere diversi campi, fondamentali per il giusto riconoscimento del modello e per indicarne al meglio lo stato attuale. Ogni modello è indentificato da un **tipo** che indica lo stato del modello (prototipo, capo campione, capo stampa, produzione, ecc.), un **codice identificativo** che viene creato basandosi sulla collezione, sul marchio e sul tipo di capo, e una **fase**. All'interno del processo vengono distinte tre fasi:

- Modello (fase di prototipazione);
- Campionario;
- Produzione.

Queste tre fasi coprono l'intero processo dall'arrivo degli schizzi dello stilista, fino al momento in cui il prodotto è pronto per uscire da Pattern. Altri campi fondamentali nella scheda modello sono la famiglia (giacca, pantalone, trench, ecc.), il set taglie con la taglia base e, ovviamente, le informazioni sul cliente. La scheda prodotto invece contiene le informazioni inerenti più all'ambito commerciale (fig. 10).

[illegible]

Figura 10- Scheda Prodotto

In questa scheda infatti si trovano informazioni sulla campagna vendite di riferimento e sullo stato di avanzamento, oltre alla lista di tutti i materiali che servono a produrre il capo, da tutti i tessuti coinvolti, al numero di bottoni, fino all'etichetta e alla busta che contiene il capo stesso. Ogni materiale viene corredato dal suo consumo, calcolato per i tessuti tramite il piazzamento; per ogni materiale, valutato il consumo, si calcola anche il costo.

Tutte le informazioni presenti nel PM possono, in ogni istante, essere consultate e si può stampare per ogni classe un report di riassunto. Per esempio, ai fini dello sviluppo e del piazzamento, è molto importante lo Style, che è la distinta pezzi per un capo (fig. 11).




Stato Modello:
01. Primo Prototipo

Modellista:

Num. Piazzati:

Num. Sviluppati:

Num. Dime:

Stagione
19SP

Cod. Modello

Descrizione
MEN JACKET

Ref. Modello Cliente

Linea

Modello CAD

TIPOLOGIA
GIA

SET TAGLIE
BL UOMO

44
48
60

Data Sblocco
08/02/2018

Data Sviluppo

Capo Campione
no

.TE1 TESSUTO 01. Tessuto1

Pezzo	++	+-	-+	--	Enc.	Tor.	Env.	Messaggi	Qta
T Davanti	1	1	0	0	1	1	1		2
T Fianco	1	1	0	0	1	1	1		2
T Dietro	1	1	0	0	1	1	1		2
T Paramontura	1	1	0	0	1	1	1		2
T Sopramanica	1	1	0	0	1	1	1		2
T Sottomanica	1	1	0	0	1	1	1		2
T Taschino Petto	1	0	0	0	1	1	1		1
T Aletta Tasca Davanti	1	1	0	0	1	1	1		2
Totale Pezzi Piazzati : 15									

.TE2 TESSUTO PREAD. 02. Tessuto2

Pezzo	++	+-	-+	--	Enc.	Tor.	Env.	Messaggi	Qta
T Sopracollo	1	0	0	0	1	1	1		1
T Sottocollo	1	0	0	0	1	1	1		1
T Lunetta Sopracollo	1	0	0	0	1	1	1		1
T Lunetta Sottocollo	1	0	0	0	1	1	1		1
T Aletta Tasca Davanti	1	1	0	0	1	1	1		2
T Filetto Tasca Davanti	1	1	0	0	1	1	1		2
Totale Pezzi Piazzati : 8									

Pattern S.r.l. by Lectra
Pag: 1
Stampato il: 27/09/2018 12:02:52 PM

Figura 11- Scheda Style

Essa contiene per ogni tipo di tessuto richiesto per il capo, tutti i pezzi che lo compongono con la quantità, l'indicazione se sono specchiati e ovviamente il codice del modello 2D sul CAD.

2.2 CAD 2D PER LA MODA

Oltre ai software di gestione e condivisione visti sopra, le aziende hanno bisogno anche di altri strumenti per ottimizzare e innovare i processi produttivi, i software CAD. Con questo acronimo si intende *Computer Aided Design*, ovvero quell'insieme di software che permettono il disegno e la progettazione di un prodotto mediante computer. L'introduzione di questi programmi ha segnato un profondo cambiamento nell'industria in generale, segnando il passaggio da un tipo di industria più "artigianale" ad una sempre più innovativa e volta alle nuove tecnologie.

I software CAD vengono utilizzati nel settore della moda per diverse operazioni, che vanno dal disegno e progettazione dei modelli, fino allo sviluppo taglie e piazzamento.

Generalmente le aziende utilizzano dei software specificamente studiati per il settore, che vengono normalmente venduti in pacchetti contenenti tutte le funzionalità necessarie per lo sviluppo del prodotto. Tutti i computer sono sempre collegati in rete tra loro attraverso il sistema PLM, così che tutti possano accedere ai dati salvati. Inoltre, attraverso tecnologie di tipo CAM (*Computer Aided Manufacturing*) è possibile utilizzare i file creati con i software CAD inviandoli direttamente ai macchinari adibiti alla produzione, come plotter, macchine di taglio automatico, taglio laser, ecc.

Nei seguenti paragrafi verranno descritti le operazioni che fanno maggiore uso dei software di disegno CAD, ponendo particolare attenzione sui software Lectra utilizzati in Pattern.

2.2.1 Creazione dei modelli

Così come nel settore della produzione meccanica i disegni venivano un tempo svolti tutti a mano da tecnici esperti, anche nel settore della moda la progettazione dei capi avveniva in questo modo. La differenza con la progettazione meccanica è che nella progettazione di un capo il modello 2D è sempre in scala 1:1 con le dimensioni del capo finito, in quanto il modello rappresentato su carta è lo stesso che viene utilizzato come indicazione per il taglio del tessuto.

Ogni capo è il risultato dell'unione di diversi pezzi di tessuto che possono essere considerati come delle superfici 2D (questo perché il tessuto ha uno spessore molto più piccolo rispetto alla sua superficie). Quando un capo è scomposto nelle sue differenti componenti, vengono seguite delle specifiche regole di modellatura per il disegno di ogni pezzo; inoltre ogni modello disegnato tiene conto di un offset, che rappresenta il margine di cucitura. Questo non è sempre costante su tutto il perimetro del modello, in quanto tiene conto del tipo di cucitura con cui le diverse pezze vengono collegate, del tipo di capo che si sta confezionando e del tipo di tessuto che viene utilizzato.

L'introduzione degli strumenti CAD nel settore del vestiario è arrivata molto in ritardo rispetto ad altri settori industriali per una serie di fattori, legati soprattutto al fatto che il settore della moda risulta da sempre molto più "artigiano" rispetto agli altri. Tuttavia, l'introduzione dei programmi di disegno, nonostante le reticenze delle maestranze, ha permesso delle grandi innovazioni.

In seguito, verrà preso in considerazione il CAD utilizzato in Pattern, chiamato PGS. Esso permette sia il disegno dei modelli sia il loro sviluppo taglie.

Ci sono essenzialmente due modi per ottenere un modello 2D:

- Scansione di un modello fisico già esistente mediante Digitiser;
- Creazione del modello con CAD.

Il primo metodo consiste nella scansione a punti di un modello e nella sua successiva riproduzione su CAD (fig. 12). Il processo di scansione è molto semplice e consiste nel disporre il modello su una superficie piana, nella successiva cattura dei punti perimetrali e interni con un piccolo scanner e nell'elaborazione di questi punti per creare sul CAD 2D la forma desiderata. Questa opzione risulta molto valida non tanto per la creazione di nuovi modelli, quanto per la digitalizzazione dei modelli di cui si dispone solo su carta. È una metodologia valida quindi sia per utilizzare quei modelli, sia per tenerli nella propria libreria modelli per inventario.



Figura 12- Acquisizione con digitiser

La creazione del modello avviene invece su un CAD 2D, che di fatto risulta molto simile ad altre tipologie di CAD usate in altri ambiti. Infatti, questi programmi permettono la creazione del modello mediante l'utilizzo di punti, linee e forme geometriche; chiaramente sta all'esperienza del modellista saper utilizzare questi strumenti per creare in modo corretto il modello. Ogni capo di abbigliamento ha dei pattern ben definiti, la cui conoscenza si tramanda ormai da molti anni, ma c'è sempre spazio per la sperimentazione di nuovi disegni e nuove soluzioni. L'utilizzo di strumenti CAD 2D semplifica di molto il processo di disegno, in quanto basta definire i punti più importanti del capo con i dovuti riferimenti: le curve vengono disegnate tramite punti e maggiore è la curvatura che si vuole dare, maggiore sarà la densità di punti che si andrà ad inserire al suo interno.

Inoltre, il modello 2D è generalmente corredato di una serie di informazioni che aiutano i successivi passaggi: si possono per esempio inserire dei testi per indicare un determinato particolare a cui dover prestare attenzione, delle indicazioni per fori o per il posizionamento di asole e bottoni, o ancora il posizionamento di un oggetto esterno, come una toppa o una tasca. Tutte queste indicazioni vengono fatte mediante dei riferimenti chiamati **marche**, che vengono trattati dal programma come un qualsiasi altro elemento geometrico, quindi è possibile modificarne la dimensione, la posizione sul modello ecc. (fig. 13).

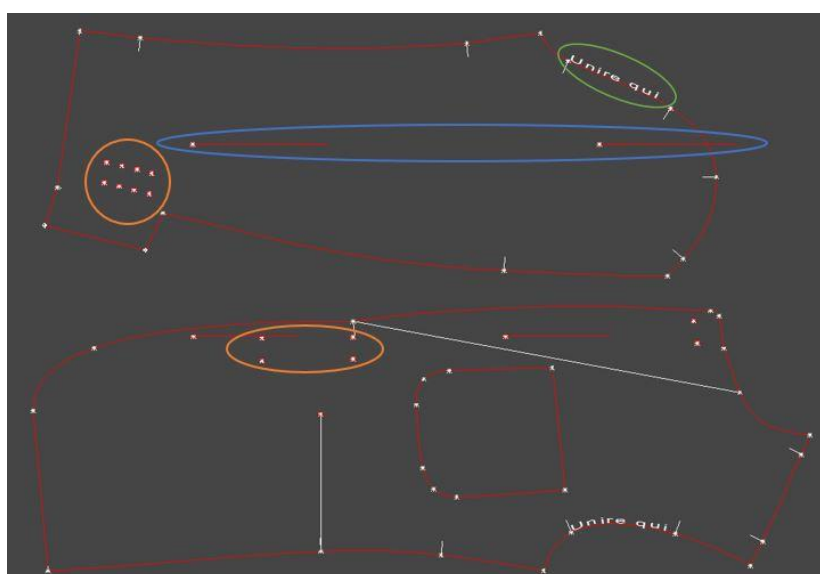


Figura 13- Esempi di marche: si evidenziano le marche di posizione per i bottoni (arancio), il dritto filo (azzurro) e di annotazione (verde)

Altro strumento sono le **tacche**, indicazioni che vengono messe sulle diverse pezze per rendere meglio comprensibile l'assemblaggio (fig. 14). Per esempio, se prendiamo una manica e il rispettivo giromanica e li disponiamo faccia a faccia, possiamo vedere come i due pezzi abbiano le stesse tacche, indicazione quindi di come andrà fatta la cucitura.

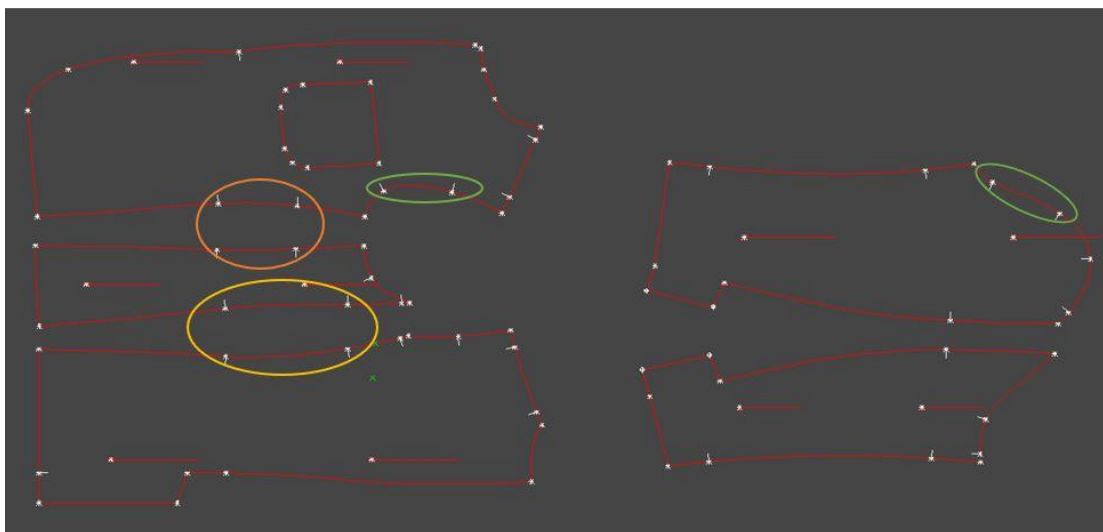


Figura 14- Utilizzo delle tacche come indicazione per il confezionamento

Infine, un capo è composto sempre da moltissimi pezzi, questo perché esso non è costituito da un unico involucro esterno, ma è composto da una serie di strati sovrapposti, come fodere, imbottiture, sacchi piuma, ecc., per cui risulta molto utile anche la possibilità di poter cambiare colore ai pezzi, così da distinguere le diverse tipologie di tessuti con cui si sta lavorando (fig. 15).

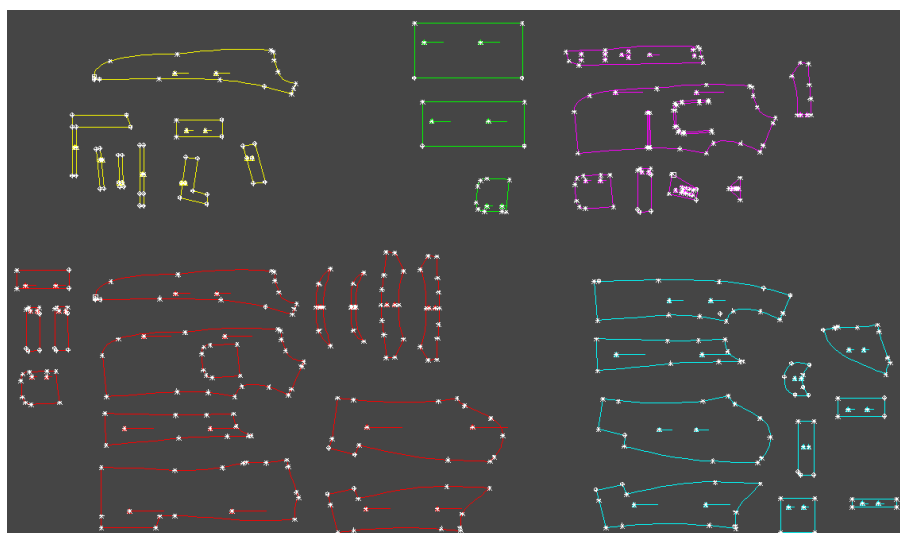


Figura 15- Piano di lavoro con pattern di una giacca da uomo colorati in base al tessuto

2.2.2 Sviluppo taglie: taglia, drop e statura (Pattern Grading)

Con Sviluppo Taglie si intende l'insieme di modifiche necessarie per cambiare la taglia di un modello (sia per ingrandirlo che per rimpicciolirlo), senza però che si vada a cambiare la forma del modello stesso. Tutti i modelli vengono disegnati prendendo come riferimento un'unica taglia, che viene chiamata **Taglia Base**, da cui poi vengono ricavate tutte le altre, che differiscono dalla taglia base centrale sia in termini di lunghezza che di larghezza. Nel campo dell'abbigliamento esistono molti modi diversi per indicare le taglie di un capo, che si differenziano tra le taglie numeriche e quelle letterali,

tra uomo, donna e bambino, e cambiano tra paesi diversi. Questi diversi modi di indicare le taglie vengono chiamati **Set Taglie**. Un set taglie non è mai univocamente definito e non è quasi mai vero che due taglie che abbiano lo stesso “nome” rappresentino in realtà lo stesso insieme di misure. Il sistema delle misure è infatti in costante evoluzione, in quanto esso si basa sull’analisi delle corporature delle persone che acquistano un determinato prodotto. È inoltre molto influenzato anche dal paese per cui un capo viene prodotto: per esempio un capo prodotto per un paese scandinavo, dove l’altezza media è tendenzialmente superiore alla media mondiale, avrà una lunghezza totale maggiore rispetto ad un capo prodotto per un diverso tipo di mercato. Le aziende analizzano costantemente i dati delle vendite effettuate e, in base a questi, riescono a modificare le proprie tabelle misure per avvicinarsi quanto più possibile alla corporatura del suo cliente tipo.

Lo sviluppo regolare delle taglie prevede che la geometria del modello rimanga la stessa nelle diverse taglie, per questo si utilizza, nell’artigianato, il metodo del Taglio e Spostamento (fig. 16): viene diviso il pattern con delle linee guida, in seguito si utilizzano queste linee per tagliare il modello e si spostano i diversi pezzi, allargandoli o sovrapponendoli, a seconda che si voglia ottenere una taglia più grande o più piccola.

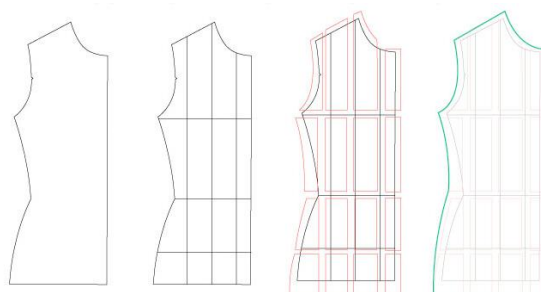


Figura 16- Esempio di taglio e spostamento per aumento di taglia (Fonte: isnthatsew.org)

Un altro metodo è quello della Traslazione (fig. 17), in cui si crea il nuovo pattern traslando di una determinata quantità il pattern in taglia base sulle quattro direzioni principali.

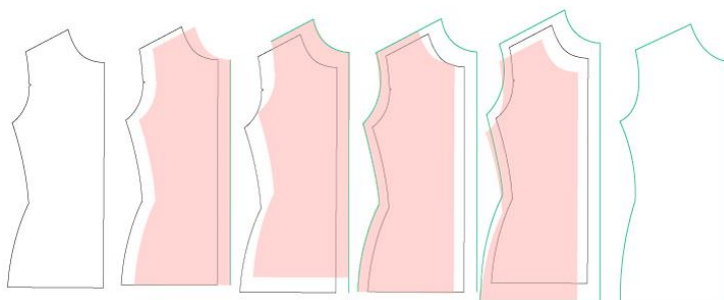


Figura 17- Esempio di traslazione (Fonte: isnthatsew.org)

Con l’utilizzo del CAD non si tengono più in conto questi metodi, ma lo sviluppo taglia viene imposto attraverso delle regole, ovvero un insieme di spostamenti in x e in y che ogni punto deve subire per passare di taglia (fig. 18): viene stabilita una libreria che contiene le regole per i diversi set utilizzati da applicare ad ogni punto del capo.

Un caso particolare è quello in cui non si deve eseguire uno sviluppo taglie regolare: è questo il caso del drop e della statura. Questi due concetti dipendono dal fatto che tra due diversi tipi di fisico si assiste ad una diversa conformazione del corpo, dunque tra una taglia e l’altra lo sviluppo non risulta proporzionale.

Con **Drop** [10] si indica uno sviluppo particolare che tiene conto sì della variazione di larghezza e altezza (come lo sviluppo normale), ma anche del tipo di conformazione del fisico di riferimento, snello, normale o con conformazione forte. Il drop è indicato con un numero dato dalla differenza tra la semicirconferenza del torace e la semicirconferenza della vita (tab. 1).

Tabella 1- Tipologie di Drop

Drop	Tipo di Conformazione
10	Extra snella
7/8	Snella
6	Normale
4	Mezza forte
2	Forte
0	Extra forte

Il drop 6 è il drop regolare per eccellenza e la sua vestibilità si adatta alla corporatura media, il drop 7 e 8 si adattano invece a corporature atletiche con spalle larghe e vita stretta. Invece i drop 4, 2 e 0 sono comunemente detti a piramide rovesciata, adatti a corporature forti e panciute dove il rapporto tra semicirconferenza torace e semicirconferenza vita è inferiore a 1.

La **Statura** invece fa riferimento all'altezza della persona che indossa l'abito e viene definita con Corto, Regolare e Lungo (eventualmente vengono aggiunti anche extracorto ed extralungo). Un abito con l'indicazione lungo sarà più indicato per delle persone alte, uno regolare per persone di altezza più o meno nella media e uno corto andrà bene per una corporatura bassa. Il modo in cui questo va ad influire sullo sviluppo delle taglie è che viene fatto uno sviluppo in altezza dell'abito maggiore (statura lunga) o minore (statura corta) rispetto al normale.

Per quanto riguarda il CAD, come detto in precedenza possono essere salvati diversi set di regole, tuttavia risulta complicato accorpare in un'unica regola tutte le informazioni relative a taglia, drop e statura, in quanto vorrebbe dire creare un set diverso per tutte le combinazioni possibili di questi tre elementi. È necessario quindi, di volta in volta, fare riferimento ad un preciso set di regole, modificando poi manualmente le regole dei singoli punti per creare un pattern che abbia senso. Utilizzando PGS invece è possibile avere tutte le informazioni di taglia, drop e statura in un'unica regola, ed è, ad oggi, uno dei pochi CAD che lo permette.

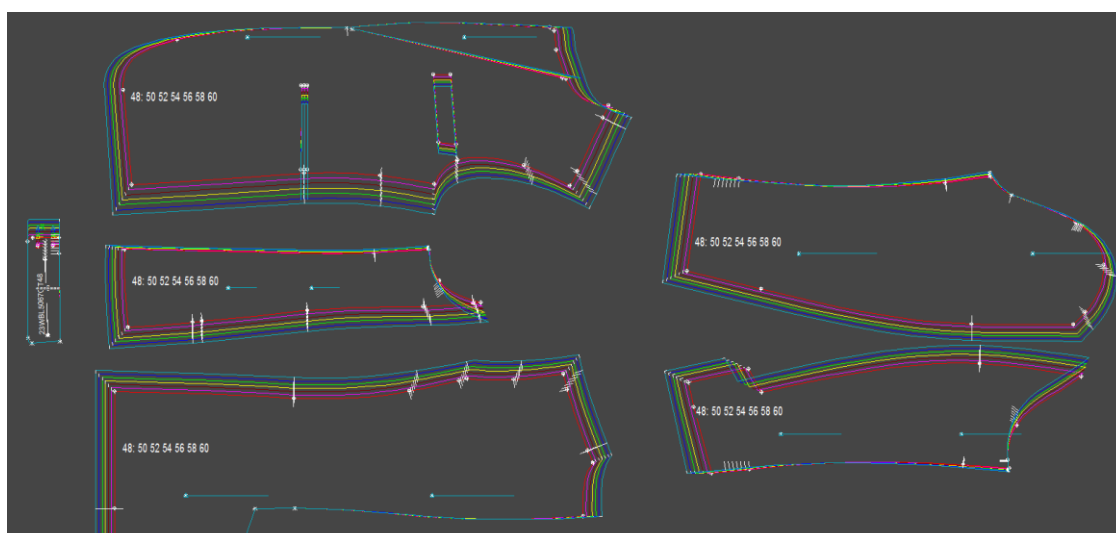


Figura 18- Pezzi sviluppati

Va da sé che lo sviluppo non interessa solo il perimetro esterno, ma anche tutti i particolari che arricchiscono un capo, come gli elementi di chiusura, le tasche, eventuali scritte e stampe. Sta all'esperienza dei tecnici modificare di volta in volta la posizione (o anche la dimensione) di questi per ottenere sempre il pattern desiderato.

2.2.3 Piazzamento (Marker Making)

Il termine **Piazzamento** [11] indica una precisa disposizione dei modelli per le taglie di uno specifico capo, che devono essere tagliati da un'unica pezza di tessuto. Questo processo è volto ad un'efficiente disposizione dei pezzi per ridurre al minimo lo spreco di materiale.

Il software Lectra utilizzato in Pattern si chiama Marka ed è volto alla creazione delle matrici di taglio che vengono poi direttamente utilizzate come input dalle macchine per il taglio automatico (fig. 19).



Figura 19- Macchine Lectra di taglio automatico (Fonte: Lectra)

Ogni rotolo di tessuto è definito da due lunghezze, l'altezza, ovvero la dimensione inferiore misurata da cimosa (bordo) a cimosa, e la lunghezza, ovvero l'intera lunghezza del rotolo aperto. Le stoffe tessute sono formate da fili longitudinali che si intersecano con fili trasversali, e quando una pezza è posizionata in modo che questi fili si incontrino ad angolo retto, si dice che la stoffa è in **drittofilo**. È molto importante che i pezzi vengano posizionati nella giusta direzione, in quanto se così non fosse l'indumento non cadrebbe bene e non avrebbe una buona vestibilità. La direzione dei fili longitudinali (ordito) si chiama drittofilo verticale e corre parallelo alla cimosa; i fili longitudinali sono in genere più forti e stabili di quelli trasversali, per cui gli indumenti vengono per la maggior parte tagliati sul drittofilo verticale. I fili trasversali (trama) formano il drittofilo trasversale, perpendicolare alla cimosa: generalmente le stoffe sono poco elastiche in questa direzione. Quando si disegna un pattern, viene generato in automatico un asse di riferimento; durante questa fase è compito del modellista indicare l'asse in base alla direzione con cui dovrà essere tagliata la pezza, se in drittofilo, in sbieco o in barrè (ovvero posizionata perpendicolarmente al drittofilo verticale, con l'asse di riferimento che va da cimosa a cimosa).

Il piazzamento deve quindi tenere conto sia dell'ottimizzazione del taglio di materiale, sia di come deve essere tagliato il tessuto per ottenere determinate richieste di elasticità del capo.

Per il taglio manuale il piazzamento viene fatto direttamente sul tessuto, utilizzando come guida le **dime**, ovvero i cartamodelli in cartone o carta stampati da un plotter/cutter. Questa operazione richiede tempo ed esperienza, ma risulta necessaria quando il tessuto presenta molti particolari.

Per il taglio automatizzato, invece, il piazzamento viene effettuato mediante CAD: si inseriscono sul programma le indicazioni sul tipo di tessuto (dimensione della pezza) e si vanno a prendere i modelli 2D e a posizionarli virtualmente sul tessuto. Si stabilisce una misura di sicurezza minima che rappresenta la distanza minima possibile tra due diversi pezzi, per fare in modo che questi non si sovrappongano l'un l'altro, cosa che porterebbe poi a scartare tutti i pezzi tagliati. Se il tessuto non presenta particolari "problematiche" come pattern o stampe, il piazzamento viene fatto in modo automatico dal programma stesso, che prova diverse combinazioni e incastri e sceglie infine quella che restituisce la maggiore efficienza di piazzamento (fig. 20), calcolata come:

$$\text{Efficienza di Piazzamento\%} = (\text{Area di tessuto utilizzata per i capi} / \text{Area di tessuto totale}) * 100$$

Il CAD restituisce inoltre in maniera immediata la lunghezza di tessuto utilizzata, dato fondamentale a livello commerciale per analizzare i consumi di materiale.

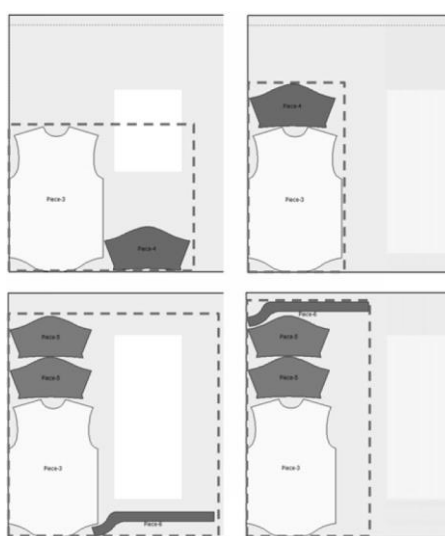


Figura 20- Differenza tra matrici a bassa efficienza (sinistra) e alta efficienza (destra) (Fonte: Ko et al. 2013)

Il piazzamento di un modello diventa più complicato quando il tessuto presenta delle stampe o una trama particolare, come quadri e righe: in questo caso è opportuno generare sul CAD dei riferimenti che indichino le diverse caratteristiche del tessuto e che permettano un corretto posizionamento dei pezzi.

Purtroppo, quando il tessuto è ricco di particolari, lo spreco di materiale aumenta molto rispetto ad un tessuto unito e risulta difficilmente evitabile. Quando risulta troppo complicato effettuare il piazzamento tramite CAD, esso viene effettuato direttamente a mano.

Nella maggior parte dei casi è richiesto che la trama sia continua anche sulle cuciture, per esempio tra il davanti e il dietro di un capo, oppure che una stampa sia sempre centrata su una maglietta e che abbia sempre le stesse proporzioni rispetto alle dimensioni della maglietta stessa. Nella stessa categoria possono cadere anche le impunture dei piumini, il cui disegno viene definito sulla taglia base, ma deve essere riprodotto anche sulle altre taglie tenendo conto delle differenti misure. Queste problematiche aumentano molto la difficoltà dei processi di sviluppo e piazzamento, perché bisogna studiare con molta attenzione quello che accade nei diversi casi.

Nel caso di trame particolari, il tessuto è già definito e quindi bisogna posizionare su di esso i diversi pezzi facendo attenzione che pezzi adiacenti abbiano la trama in continuità (figg. 21 e 22).

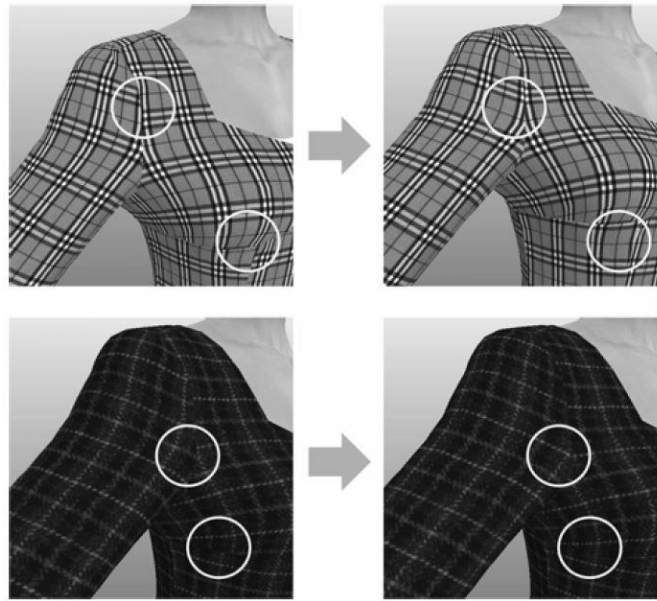


Figura 21- Prima (sinistra) e dopo (destra) l'accoppiamento della trama (Fonte: Ko et al. 2014)



Figura 22- Esempio di Check Matching su una giacca (Fonte: anderson-sheppard-co.uk)

Per le stampe invece può essere richiesto che la stampa stessa cresca o diminuisca con la taglia, in modo da avere sempre le stesse proporzioni, oppure che la stampa abbia sempre una posizione fissa rispetto ai diversi pezzi, indipendentemente dalle misure delle diverse taglie.

Queste problematiche vengono sì semplificate grazie all'aiuto dei CAD, tuttavia ad oggi risulta indispensabile l'esperienza e l'analisi da parte dei tecnici, in quanto non è ancora possibile, con i mezzi di cui si dispone attualmente, una disposizione automatica.

La ricerca delle aziende produttrici di software è volta alla sempre maggiore automatizzazione di queste operazioni, in modo tale da poter risparmiare in termini di tempo e costi. Uno strumento molto utile per risolvere queste problematiche potrebbe essere l'utilizzo delle simulazioni 3D.

3 PROTOTIPAZIONE 3D

Come già accennato nel primo capitolo di questa tesi, il mercato della moda ha subito molti cambiamenti negli ultimi anni, soprattutto con l'avvento delle nuove tecnologie e dell'era social, cambiamenti che hanno profondamente scosso la struttura produttiva dell'industria stessa. Le persone che comprano un capo di abbigliamento hanno iniziato a chiedere sempre più prodotti, con più varietà e con tempi di attesa molto ristretti [12]. Anche per cercare di resistere alle problematiche introdotte dalla contrazione dei tempi, le aziende hanno iniziato a spostarsi dove costa meno produrre, allargando la loro rete ma, allo stesso tempo rendendo più complicata la comunicazione tra le varie parti.

Questi tre concetti messi insieme denotano come ci sia la necessità, nell'industria dell'abbigliamento, di un'innovazione, un profondo e radicale cambiamento, che riesca a star dietro ai cambiamenti del mercato e riesca ad accontentare le richieste del pubblico. Nel XXI secolo questa ricerca di un'innovazione non può che approdare nella tecnologia, in particolare nella nascita della prototipazione 3D per la moda.

L'introduzione di questo nuovo paradigma è capace di cambiare completamente quello che è la struttura attuale dell'industria di moda, ma un passaggio totale alla tecnologia è ancora difficile da immaginare, soprattutto in un tipo di azienda che fa ancora tanto, troppo, affidamento alla capacità del singolo individuo e che difficilmente si apre al nuovo. In questo capitolo verrà analizzato il cambiamento possibile attraverso gli strumenti di prototipazione virtuale, soffermandosi su quelli che sono i vantaggi e gli svantaggi introdotti da questo tipo di approccio, e verranno inoltre introdotti gli sviluppi trasversali di questo tipo di tecnologia.

3.1 SITUAZIONE ATTUALE- CAD 2D

Prima di parlare delle innovazioni che è possibile introdurre con i software 3D, è opportuno delineare quella che è la catena di valore che segue il prodotto moda in un'azienda allo stato attuale.

Come descritto nel capitolo 1, il capo di abbigliamento viene inizialmente progettato da un team di designer a partire da una forma 3D, che può essere un'idea concettuale o visione dello stilista, oppure un capo reale, da cui vengono ricavati gli sketches 2D (3D-to-2D) [12]. In seguito, questi sketches vengono generalmente inviati ad un fornitore che si occupa dell'ingegnerizzazione del capo: interpretando lo sketch dello stilista, si realizzano i pattern, le unità di tessuto fondamentali che costituiscono il capo (2D-to-3D). In seguito, il capo viene assemblato attraverso l'operazione di confezionamento e mandato al cliente che ne verifica la vestibilità, la scelta del tessuto, ecc., iniziando una serie di iterazioni che ha fine solo quando il cliente è soddisfatto del risultato. Con l'approvazione finale dei pattern si ha la parte di preproduzione, in cui viene prodotto il capo campione che servirà come riferimento per tutte le operazioni successive, si procede allo sviluppo delle taglie, al piazzamento, al taglio e confezionamento, fino a che l'intera collezione non è pronta per essere venduta (fig. 23).

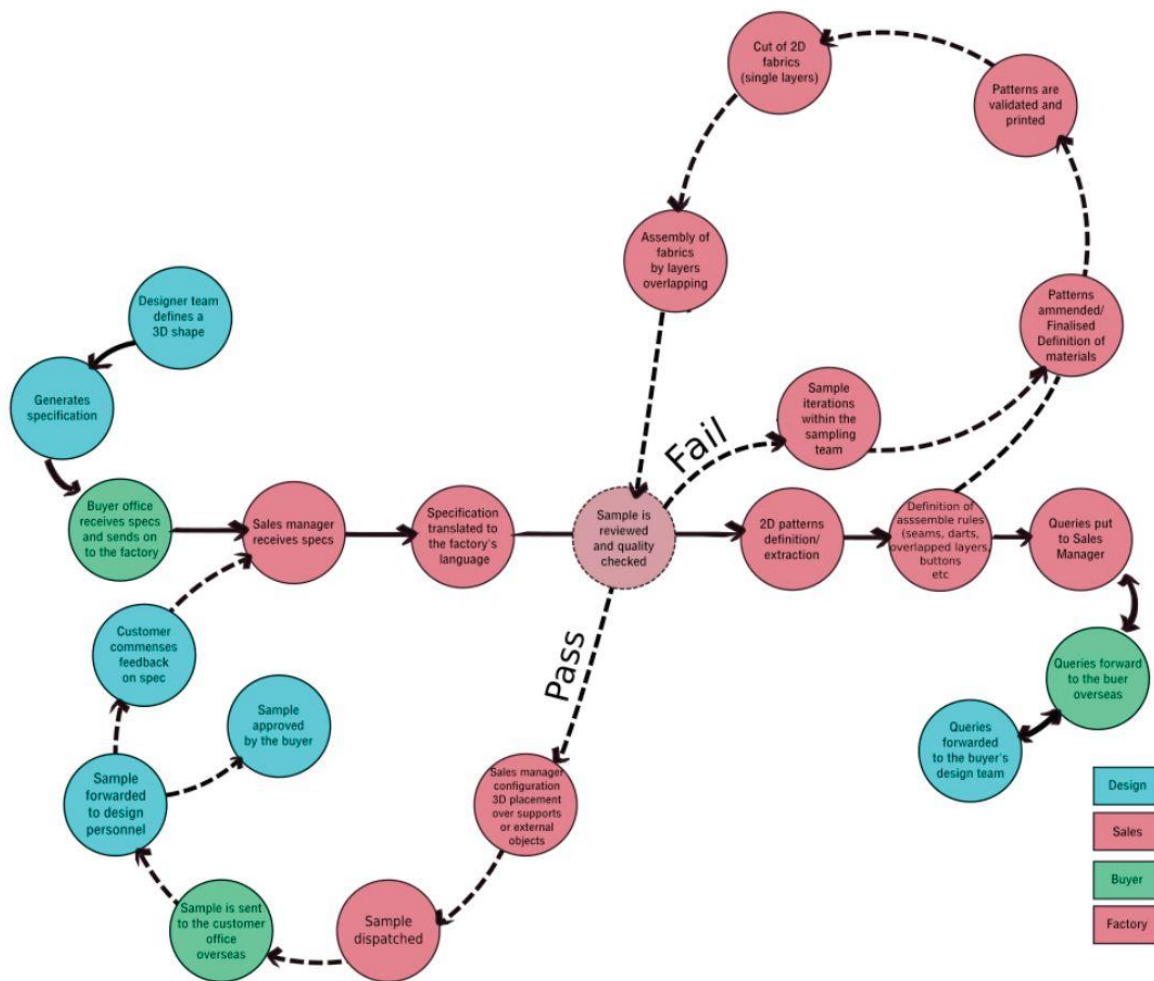


Figura 23- Processo di sviluppo del capo campione (Fonte: Papahristou et al. 2016)

Il processo descritto è molto lungo e coinvolge una serie molto grande di dati, che devono essere trasmessi ogni volta non solo all'interno della singola azienda, ma tra tutti i partecipanti dell'intera filiera; questi sono molto numerosi, perché le personalità coinvolte nel ciclo di vita di un capo di abbigliamento sono molteplici, dagli stilisti, ai tecnici, a coloro che si occupano dei tessuti, della pelle, delle stampe, degli accessori, ecc. Maggiore è il numero di personalità coinvolte e più difficile sarà costruire un efficiente sistema di comunicazione.

Inoltre, poiché l'obiettivo delle aziende è quello di massimizzare il guadagno e diminuire le spese, spesso i vari componenti della Supply Chain sono molto distanti tra di loro. Anche se distanti però, le varie aziende coinvolte nel processo hanno quasi sempre bisogno di almeno un capo fisico a portata di mano, prima di tutto perché un capo si può valutare bene solo quando è montato e indossato, ma anche perché può servire da esempio e regola per le svariate lavorazioni a cui devono sottoporre gli altri capi da produrre. Questo si traduce nella necessità di inviare a quasi tutti i partecipanti alla filiera il capo campione, che serve come aiuto aggiunto ai dati tecnici per svolgere al meglio tutti i lavori necessari.

Un altro problema dovuto alla natura degli abiti è quella della gamma taglie: nonostante sia ormai ben definito l'insieme di regole necessarie per effettuare lo sviluppo taglie, finché il capo non è cucito insieme e indossato non vi è mai la totale sicurezza che esso vesta bene, neanche per i modellisti più esperti. Questo discorso vale però per tutte le taglie, comportando la necessità di approvare il capo

campione non solo nella taglia base, ma di confezionare un capo di prova per ogni taglia della gamma scelta, comportando ovviamente costi e tempi in più.

È in mezzo a queste problematiche che si genera lo spazio per un nuovo paradigma, che sappia sfruttare le innovazioni tecnologiche di gestione e progettazione per snellire l'intero processo, risparmiare tempo e danaro e migliorare i rapporti all'interno dell'azienda e con i fornitori.

3.2 SITUAZIONE CON 3D

Con tutte le problematiche che l'industria dell'abbigliamento deve affrontare, negli ultimi dieci anni ha iniziato a prendere piede l'idea di cercare di alleggerire questi problemi attraverso l'utilizzo della prototipazione virtuale dei capi. A differenza di molti altri ambiti industriali, come quello meccanico, aeronautico o architettonico, il settore del fashion è da sempre un po' riluttante all'introduzione di nuove tecnologie, ed è possibile quindi immaginare come sia stato accolto il 3D [13].

I software in questione sono stati utilizzati fin dall'inizio perché permettono, partendo dai pattern 2D che già si possiedono perché indispensabili al processo tradizionale, di creare una versione virtuale del capo, che viene provata su un manichino anch'esso virtuale per poterne controllare la vestibilità.

Tuttavia, questi programmi hanno in seguito sviluppato un duplice utilizzo [14]:

- Prototipazione virtuale e misura;
- Visualizzazione 3D (fig. 24).

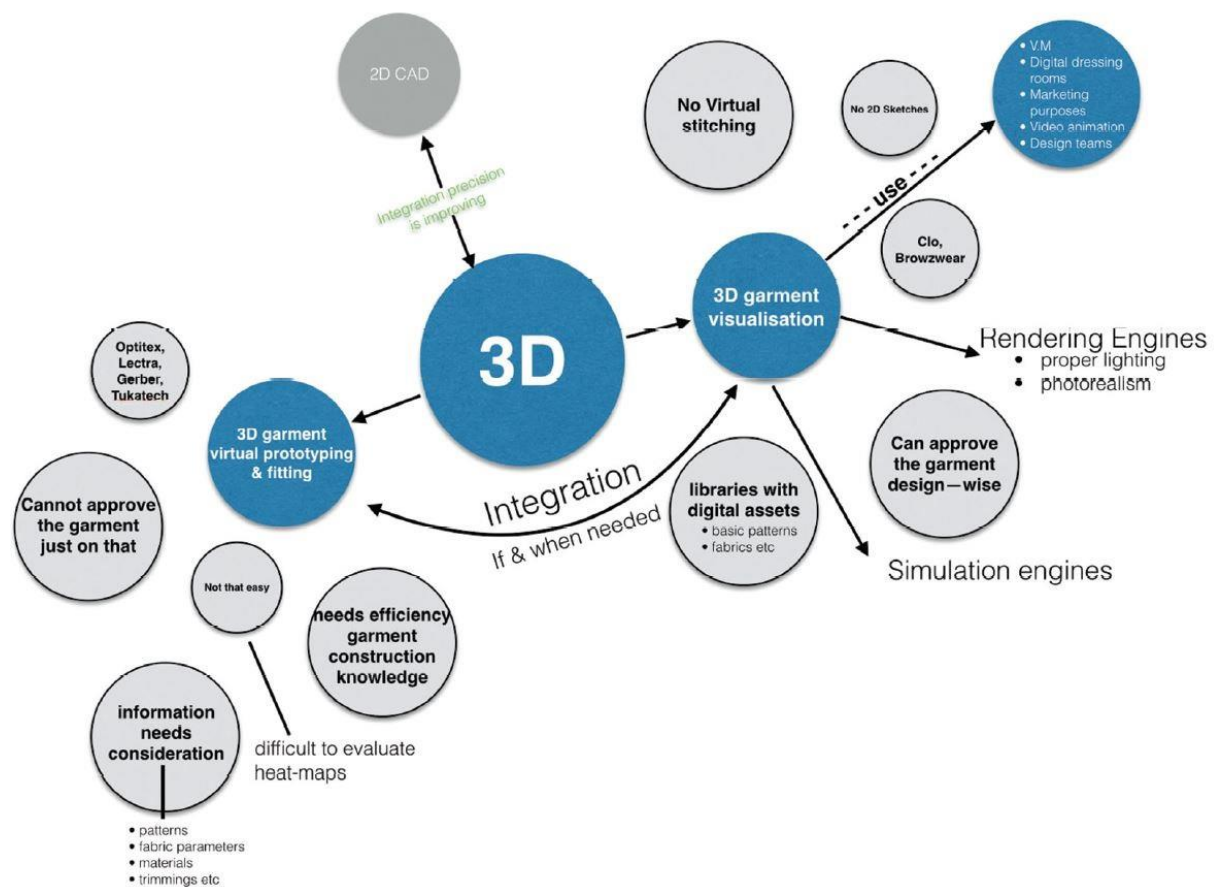


Figura 24- Duplice sviluppo dei CAD 3D nella moda (Fonte: Papahristou et al. 2017)

Per il **primo approccio**, si intende l'utilizzo di software di prototipazione 3D per controllare il fitting di un capo e per simularlo; attraverso questi software è possibile risparmiare la fase di produzione del prototipo reale, evitando perdite di tempo e spreco di materiale. Inoltre, questo tipo di metodo permette anche, oltre al risparmio del capo prototipo, di provare in tempi molto brevi diverse combinazioni di tessuti e di colore, aumentando così notevolmente le possibilità che si hanno in una collezione. Allo stesso modo si può ragionare per i capi stampati; in generale i tessuti arrivano già stampati e si deve quindi adattare a questi il pattern. Con l'utilizzo del CAD 3D invece, si potrebbe decidere a priori la grandezza e la posizione della stampa e adattare questa ai pattern e non viceversa. Questa operazione inoltre sarebbe vantaggiosa in fase di piazzamento, perché quando si verifica la posizione di un disegno su un capo 3D, sul pattern 2D rimangono comunque le marche di indicazione della posizione della stampa. Inoltre, un software di simulazione 3D permetterebbe di evitare dei passaggi "inutili" all'inizio del processo, nella definizione sommaria del pattern: utilizzando fin dall'inizio del processo la simulazione virtuale, si riuscirebbe già ad inquadrare il modello del capo, senza doverci ritornare in seguito con delle modifiche.

La simulazione 3D ha anche il vantaggio di avvicinare settori del processo che normalmente lavorano in autonomia, soprattutto reparto tecnico e pattern maker: da una parte infatti rende lo stilista più consapevole del lavoro dei tecnici che gli stanno a valle, mentre dall'altro rende il compito dei pattern maker più semplice in quanto possono direttamente comunicare con lo stilista che ha creato il capo, e non cercare di interpretare la sua visione da un semplice disegno. In un mercato dove molto raramente questi due settori fanno parte della stessa azienda, questo vuol dire anche avvicinare due realtà diverse e rendere più efficiente la collaborazione tra cliente e fornitore. Altro vantaggio per i pattern maker sarebbe lo sviluppo taglie, questo perché i programmi 3D sono forniti di un database di manichini virtuali parametrizzabili, che risulterebbero molto utili nella fase di controllo della vestibilità per ogni taglia; sarebbe possibile infatti evitare il controllo sul capo fisico che viene fatto per ogni taglia che si è deciso di produrre.

La possibilità di creare un prototipo virtuale risolverebbe anche il grande problema rappresentato dalla necessità di spedire il capo campione a tutti i laboratori coinvolti nel suo processo di sviluppo: sarebbe sufficiente condividere il file di simulazione e i tecnici potrebbero liberamente manipolare il capo come meglio desiderano, zoomando o inquadrandolo da delle specifiche viste. In questo modo, oltre a risparmiare il materiale di realizzazione e il tempo di attesa per la spedizione, la lavorazione e il ritorno, si riuscirebbero a risparmiare tutti i trasporti che il capo deve subire, muovendosi in contemporanea verso un tipo di industria più "verde".

Il **secondo tipo di approccio**, quello legato alla visualizzazione 3D, non prevede la sostituzione del prototipo reale con quello virtuale, ma un utilizzo parallelo alla normale catena di valore. Si potrebbe, per esempio, utilizzare il prototipo virtuale per presentare al meglio le proprie idee su un determinato capo.

Molti e-commerce di abbigliamento utilizzano invece piattaforme di prototipazione unite a sistemi di scansione 3D per simulare il capo indossato sull'acquirente; negli ultimi mesi si sono sviluppati i "camerini virtuali", in cui degli specchi dotati di telecamere di scansione e di uno schermo collegato ad un computer, restituiscono alla persona che si pone davanti allo "specchio" l'immagine riflessa con indosso il capo scelto. Questo tipo di simulazione è reso possibile grazie a delle telecamere che acquisiscono i dati del corpo della persona e, attraverso degli algoritmi, ne calcolano le principali misure; il programma sceglie in automatico la taglia che meglio si avvicina alle misure del corpo ricercando in libreria lo sviluppo e la simulazione del capo e restituisce sullo "specchio" l'immagine della persona riflessa con indosso il capo. È un metodo che punta molto sull'aspetto ludico e

accattivante, ma che ha come fine quello di creare una connessione con il cliente e guadagnarsi la sua fiducia e lealtà di acquisto.

Analogamente è possibile utilizzare la realtà virtuale grazie alla quale, attraverso un visore, è possibile visualizzare il capo 3D in un ambiente virtuale: anche questa applicazione risulta molto vantaggiosa per il settore degli e-commerce, dato che al momento è possibile valutare un capo solo attraverso delle foto, mentre se fosse possibile osservare il capo “a tuttotondo”, si potrebbe valutare la sua effettiva vestibilità, il suo drappeggio e la sua fattura. In questo modo la scelta di acquisto verrebbe fatta molto più consapevolmente.

In generale, però, è necessario considerare come l'introduzione delle simulazioni 3D andrebbe ad influire su quella che è l'attuale struttura dell'industria della moda. Partendo dallo sketch dello stilista e dalla successiva interpretazione per l'estrazione dei pattern, si passerebbe subito alla creazione della simulazione e alla sua immediata valutazione, con correzione degli errori in tempi ridotti o addirittura in tempo reale. Questo sarebbe possibile in quanto questo tipo di approccio ha come presupposto fondamentale la condivisione online, dunque permetterebbe di “avvicinare” attraverso videochiamate o WebEx tutte le persone coinvolte, senza necessità di spostare alcun capo. Si riuscirebbe così non solo ad evitare la creazione del capo campione, ma anzi ad analizzare tante varianti in più, in quanto in sede stessa di sessione di fitting si potrebbe controllare la possibilità di variazioni. I maggiori produttori di software di prototipazione 3D stimano che in questo modo si riuscirebbe a risparmiare il 50% del tempo necessario per l'intero processo di sviluppo. Una volta approvati i modelli della collezione, la produzione continuerebbe come già avviene attualmente.

3.3 CRITICITÀ E SVILUPPI FUTURI

Se l'uso della simulazione virtuale riesce ad apportare così tanti vantaggi, allora una domanda sorge spontanea:

Perché gli strumenti di simulazione virtuale non vengono utilizzati?

Nella realtà industriale, sono pochissime le aziende che utilizzano attivamente questi mezzi, ciò avviene per svariati motivi:

- **Sfiducia nei risultati.** Nonostante questo tipo di programmi esistano ormai da quasi vent'anni, la difficoltà insita nel simulare dei tessuti molli e così deformabili non rende ancora oggi i risultati della simulazione sicuri al 100%. Questo rende pressoché impossibile pensare di eliminare del tutto il prototipo reale e fidarsi solo della simulazione [15] [16] [17];
- **Sfiducia nella tecnologia.** Come già ripetuto, il settore della moda è molto più lento di altri a recepire i cambiamenti e le innovazioni in campo tecnologico, questo a causa della sua natura molto “artigiana”. In questa ottica, non solo l'introduzione di strumenti di questo tipo non viene capita, ma viene anche ostacolata;
- **Formazione.** L'utilizzo della simulazione 3D è molto semplice e intuitivo, anche per persone che non hanno avuto una formazione tecnica del settore. Tuttavia, l'obiettivo sarebbe quello di creare una nuova figura all'interno dell'azienda, che dovrebbe essere preparata sia in modo classico alla creazione dei pattern e al disegno di moda, sia all'utilizzo di questo tipo di tecnologia. Lo studio delle simulazioni dovrebbe essere impartito fin dalle accademie, ma al momento viene fatto in modo poco convinto, proprio perché poi questi programmi non vengono di fatto utilizzati a livello produttivo;

- **Costi.** Sebbene il fatto di non produrre un capo fisico porti a notevoli risparmi, la prototipazione virtuale ha un suo costo, che si ripartisce sia nel costo delle singole licenze di utilizzo sia nel costo per la formazione del personale;
- **Difficoltà di rappresentazione.** I programmi di simulazione richiedono generalmente delle semplificazioni di quello che è il modello reale; nel caso dell'abbigliamento una problematica molto difficile nella simulazione è l'individuazione delle collisioni, cosa che porta nella simulazione a usare il solo tessuto esterno del capo, senza considerare tutti i vari strati di cui esso è composto. Questo però non rende perfettamente il capo, limitando l'uso della simulazione a capi molto semplici;
- **Assenza di standardizzazione.** Frequente nei casi di una tecnologia all'inizio del suo sviluppo è l'assenza di standardizzazione tra i vari programmi, che si traduce nell'impossibilità di scambio di file tra programmi diversi. Questo non vale solo per la simulazione del capo, ma anche per i soli manichini, che vengono trattati in maniera differente da ogni programma.

Sebbene i programmi di simulazione abbiano iniziato ad essere utilizzati già da tempo da aziende di scarpe e accessori, manca ancora una presa di posizione salda delle aziende di moda. Si attende un investimento a riguardo da parte di marchi prestigiosi: non appena questi inizieranno a creare delle postazioni di CAD 3D, probabilmente la diffusione sarà molto più veloce.

Viste le difficoltà descritte sopra, non sembra auspicabile un passaggio a breve e totale alle simulazioni virtuali, ed in realtà esso non risulta neanche del tutto possibile, in quanto sembra che non si potrà mai abbandonare il capo fisico, proprio a causa di tutte le difficoltà prima descritte.

Allora bisogna considerare un tipo di approccio ibrido, che non scelga l'una o l'altra strada, ma che sappia integrare la prototipazione 3D nel processo attuale, al fine di sfruttarne al meglio i vantaggi dei due diversi processi.

4 SOFTWARE 3D

Negli ultimi anni, grazie alle nuove scoperte in ambito di calcolo e a tecnologie sempre più all'avanguardia, si sono distinte molto le simulazioni virtuali di processi. Attraverso un computer è infatti possibile simulare un processo reale, impostando calcoli, valori e condizioni, al fine di valutare la fattibilità di un processo e l'eventuale presenza di errori, senza che il processo abbia effettivamente luogo, comportando così un notevole risparmio di tempo e denaro. Le simulazioni a livello industriale sono ormai importantissime, perché si riesce in maniera preliminare ad osservare il comportamento di un determinato processo e a individuare in tempo errori del tutto evitabili. Esempi di simulazioni molto usate nel campo industriale sono le simulazioni strutturali FEM (*Finite Elements Method*) o quelle di fluidodinamica CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

Allo stesso modo, anche nell'industria della moda si è sviluppato il concetto di simulazione virtuale, con la nascita negli ultimi venti anni di programmi di prototipazione 3D; questi programmi sono diretti discendenti delle scoperte fatte in ambito della computer grafica per l'animazione e il gaming. Attraverso uno dei tanti programmi oggi in commercio è possibile, partendo dai modelli 2D dei pattern, "vestire" un manichino virtuale per valutare fit del capo, tessuto, colore e presenza di stampe. Questo tipo di simulazione risulta molto vantaggioso in un tipo di industria come quella della moda che prevede di natura la necessità di creare diversi capi fisici prima di arrivare al modello definitivo. Attraverso il passaggio totale a questo tipo di tecnologie si riuscirebbe ad evitare la creazione di questi modelli, quindi la perdita di tempo richiesta ogni volta per la creazione, la spedizione in casa madre, l'approvazione e le modifiche, oltre che lo spreco dei materiali per questi modelli.

Nei prossimi paragrafi, dopo una breve panoramica sullo sviluppo di questi programmi, verrà trattata nel dettaglio la loro struttura a livello matematico e software.

4.1 STORIA ED EVOLUZIONE

In *3D CAD system for clothing industry* [18] viene analizzata l'evoluzione dei CAD 3D per la moda. Gli autori iniziano col dividere i programmi in due tipologie di approccio, con possibilità anche di un approccio combinato:

- 2D to 3D;
- 3D to 2D.

Il primo tipo di approccio è quello dei programmi che, partendo dai pattern 2D, costruiscono il prototipo virtuale "cucendo" assieme i pezzi e montandoli sull'avatar virtuale 3D.

Il secondo approccio prevede invece lo sviluppo del disegno direttamente sull'avatar 3D e il successivo appiattimento della forma creata per ricavare i pattern bidimensionali. Questo tipo di approccio risulta quello più innovativo e vantaggioso, in quanto fonde insieme sia la fase di ideazione del capo e dello schizzo, sia quella di creazione dei pattern, che vengono creati automaticamente durante l'operazione di appiattimento.

Tuttavia, i programmi che esistono attualmente in commercio non prevedono l'utilizzo di una tecnologia "3D to 2D" a livello industriale, mentre nelle aziende che decidono di investire nell'innovazione tecnologica, è molto semplice trovare programmi che prevedono il primo tipo di approccio, "2D to 3D".

Nonostante la difficoltà nello sviluppare un programma con il secondo tipo di approccio che riesca ad essere utilizzato anche in ambito industriale, l'approccio 3D to 2D è stato il primo ad essere utilizzato nei programmi dedicati alla prototipazione virtuale per l'ambito della moda.

Difatti, i primi programmi di questo tipo sono nati nei primi anni 90 ad opera di *Hinds e McCartney*, che avevano sviluppato un programma che si occupava del disegno del capo servendosi di un manichino virtuale ottenuto dalla scansione di un manichino da sarto. Il programma prevedeva anche la lettura dei pattern 2D ottenuti tramite scansione con digitiser. Nel 2000 Hinds e McCartney hanno evoluto il loro programma rendendolo ad approccio combinato, implementando un'interfaccia grafica per facilitare la creazione del capo 3D e un modulo per l'appiattimento del modello, oltre che simulando per la prima volta il comportamento di alcuni tessuti.

Questa operazione era stata già svolta nel 1992 da *Okabe et al.*, che erano riusciti in modo vincente a simulare il drappeggio dei tessuti inserendo le loro specifiche tecniche ottenute tramite il metodo Kawabata.

Matsura nel 1993 e *Rasdomakin* nel 1995 riescono a sviluppare un modulo 3D che permette la modifica dei modelli tramite interazione con l'utente, mentre nel 2000 *Kang e Kim* sviluppano un'applicazione con un manichino virtuale ridimensionabile e un'efficiente simulazione del drappeggio dei tessuti.

Nel 2003 *Chiricota* sviluppa una nuova tecnica di avvolgimento dei pattern 2D attorno al manichino virtuale e, grazie a questa, è il primo che riesce a modellare e posizionare sul manichino parti secondarie di tessuto, come colletti, cinte e tasche.

Nello stesso anno *Fuhrmann et al.* riescono a creare un nuovo tipo di pre-posizionamento geometrico dei pattern 2D sul corpo virtuale per implementare ulteriormente la modellazione del drappeggio dei tessuti.

Nel 2005 *Thalmann e Volino* del Miralab di Ginevra creano "Fashionizer", un programma che permette simulazioni dinamiche e animazioni per creare fashion show virtuali.

Nello stesso anno *Luo e Yuen* sviluppano un'applicazione che permette di modificare interattivamente i pattern 2D producendo una modifica automatica sul disegno 3D.

Tecnologia simile ma intesa con un approccio 3D to 2D viene utilizzata nell'anno successivo da *Sul e Kang*: i tessuti vengono intesi come fogli rettangolari che vengono fatti cadere su un corpo (il manichino virtuale). Con una funzione di taglio si rimuovono le parti ridondanti, al fine di modellare il capo. Questo programma non prevedeva un successivo appiattimento del modello tridimensionale, ma la creazione dei pattern 2D partendo del rettangolo iniziale del tessuto, modificato con un ulteriore strumento forbici che lavora in maniera interattiva con quello del 3D.

Infine, *Decaudin et al.* nel 2006 e successivamente *Turquin et al.* nel 2007 sviluppano un programma che permette di creare lo sketch del capo su un contorno del manichino 2D e che in maniera automatica genera il capo 3D.

L'articolo [18] si ferma al 2007 come ultima innovazione, tuttavia è da evidenziare come non ci siano stati sostanziali cambiamenti rispetto a questi modi di procedere, ma ci si sia concentrati principalmente sullo sviluppo di quanto già raggiunto.

Per quanto riguarda i principali programmi utilizzati, gli autori elencano:

- Modaris 3D Fit (Lectra) [9];
- Accumark Vstitcher™ (Gerber) [19];

- eFit Simulator™ (Tukatech);
- Vidya (Assyst) [20];
- 3D Runway (OptiTex).

In seguito, molti altri programmi sono nati e si sono differenziati da quelli elencati sopra. Questi ultimi sono stati sviluppati da case di software che si occupano principalmente delle applicazioni per l'industria di moda durante tutto il processo produttivo, dunque i loro programmi di simulazione 3D continuano ad essere rivolti ad un ambito industriale. I nuovi programmi rivolgono l'attenzione ad aspetti prettamente grafici, per creare immagini e animazioni per i siti di e-commerce, per fiere e per pubblicità direttamente rivolte al pubblico, dunque sono più performanti degli altri per quanto riguarda la resa grafica, ma non sono molto legati all'ottica industriale.

4.2 SIMULAZIONE 3D

I programmi di 3D Prototyping usati per le applicazioni del campo della moda si avvalgono di tipologie di simulazione molto usate nei vari campi della computer grafica. Anche se una simulazione di questo tipo può sembrare incentrata sul solo controllo del fitting dei pattern, in realtà essa implementa svariati livelli di simulazione; in particolare possiamo suddividere la simulazione 3D in [21]:

- Reverse Engineering per la costruzione del modello del manichino;
- Pattern Wrapping/ Flattening;
- Simulazione del tessuto.

Il primo passaggio di costruzione del manichino virtuale è fondamentale per la successiva costruzione del capo, sia nel caso di approccio 2D-to-3D sia in quello 3D-to-2D. Il punto di partenza è sempre l'avatar del manichino con la relativa mesh, per cui è opportuno svolgere un lavoro preliminare di costruzione di un data base per i manichini, che contenga diverse opzioni di corporatura, sesso, età, stato di gravidanza.

In seguito, si pone l'attenzione sulle tecniche utilizzate per la simulazione dei due tipi di approccio, ovvero l'avvolgimento di un pattern 2D sul manichino, oppure il disegno 3D del capo e il successivo appiattimento dei pattern.

Infine, per stabilire realmente il corretto fitting del capo, è necessario inserire le informazioni relative al tessuto, in modo da avere sia la sua rappresentazione grafica in termini di texture/colore, sia la rappresentazione del drappaggio grazie alle informazioni sulle sue caratteristiche tecniche.

4.2.1 Reverse Engineering del manichino

Per Reverse Engineering (RE) si intende in ingegneria un insieme di tecniche che permettono di ricostruire virtualmente un oggetto reale, ovvero la digitalizzazione di un oggetto fisico per ottenere il suo modello matematico. Questa tecnica viene molto utilizzata in ambito industriale in quanto non solo è utile per la creazione di un database prodotti (di cui non si possiede il modello matematico), ma è molto efficiente per lo sviluppo di nuovi prodotti e la reingegnerizzazione di prodotti già esistenti, senza doversi preoccupare di creare da zero il modello. È inoltre una tecnica largamente utilizzata anche in ambito di controllo qualità e rientra a tutto merito tra le tecniche di Time Compression.

Il processo di RE può essere schematizzato dividendolo in quattro fasi distinte:

- Acquisizione dei dati;
- Pre-elaborazione dei dati;
- Segmentazione e creazione di superfici;

- Creazione del modello CAD.

La Reverse Engineering non è prerogativa del solo ambiente ingegneristico, ma è utilizzata in svariati ambienti diversi, basti pensare alle applicazioni medicali di ricerca e diagnosi come TAC o Risonanza Magnetica, o a quelle necessarie per il restauro di opere antiche o per il cinema e le animazioni.

È all'interno di questo scenario che si inserisce l'uso della Reverse Engineering per il campo della moda. Infatti, come il capo fisico ha bisogno di un supporto (un manichino o una persona) per poter controllare la sua vestibilità, così il modello virtuale del capo ha necessariamente bisogno del modello virtuale del manichino. Le tecniche di acquisizione utilizzate a questo scopo sono [22] [23]:

- Macchine di Misure a Coordinate (CMM) (fig. 25);
- Scanner Laser 3D (fig. 26);
- Sistemi di Fotogrammetria Digitale.



Figura 25- Macchina di misura a coordinate CMM (Fonte: Zeiss)

Sebbene siano tutte tecniche valide, in genere lo scanner laser è il più consigliato, in quanto più veloce e dai risultati più affidabili. Lo scanner laser è un sistema di scansione non a contatto in cui l'oggetto viene esposto ad un fascio di luce o, come in questo caso, ad un raggio laser, mentre un sensore ottico percepisce le distorsioni del raggio dovute all'interazione con l'oggetto e, attraverso degli appositi algoritmi, le traduce in una serie di punti con rispettive coordinate.



Figura 26- Scanner laser (Fonte: Human Solution)

Il risultato dell'acquisizione dei dati è una nuvola di punti (Point Cloud), che rappresenta in tutto e per tutto l'oggetto scansionato (fig. 27).



Figura 27- Nuvola di punti generata dalla scansione di un corpo umano (Fonte: College of Textile NC State University)

Questa nuvola di punti deve subire ulteriori processi prima di giungere al modello finale del manichino virtuale. Possiamo suddividere i passaggi come segue [24]:

- Filtraggio del rumore;
- Regolazione dell'orientamento;
- Costruzione della mesh;
- Estrazione delle Semantic Features.

Per quanto riguarda il primo passaggio, con **filtraggio del rumore** (Noise Filtering) si intende l'eliminazione dei punti della nuvola che non appartengono all'oggetto scansionato (fig. 29). Durante le operazioni di acquisizione dati i modelli vengono appositamente preparati per rendere quanto più corretta possibile l'acquisizione delle varie forme, tuttavia nella nuvola di punti finale si ritrovano sempre dei punti in più appartenenti all'ambiente esterno, la cui presenza è dovuta alle macchine utilizzate per l'acquisizione. Questi punti devono essere eliminati perché la loro presenza può portare a diversi problemi nella creazione del modello matematico dell'oggetto: per il problema in esame sono state riscontrate due diverse tecniche di eliminazione del rumore, attraverso l'analisi di immagini binarie oppure attraverso Logica Fuzzy.

Il primo metodo [25] consiste nel proiettare la nuvola di punti rappresentante il manichino su diversi piani, in modo da ottenere delle immagini binarie; in seguito ad ogni immagine viene applicato un operatore morfologico che riconosce i punti esterni al modello, separando due diversi set di punti. Infine, viene eliminato il set contenente il numero inferiore di punti, mentre viene mantenuto il set a maggiore densità di punti, che è quello del modello.

Il metodo secondo logica Fuzzy [22] prevede invece l'analisi della distanza tra i diversi punti, partendo dal presupposto che i punti di disturbo siano tutti "distanti" da quelli rappresentanti il modello del manichino; vengono definite le *membership functions* di "DistanceSmall", "DistanceNormal" e "DistanceLarge" (come semplici funzioni a triangolo), con i rispettivi *membership value* (fig. 28).

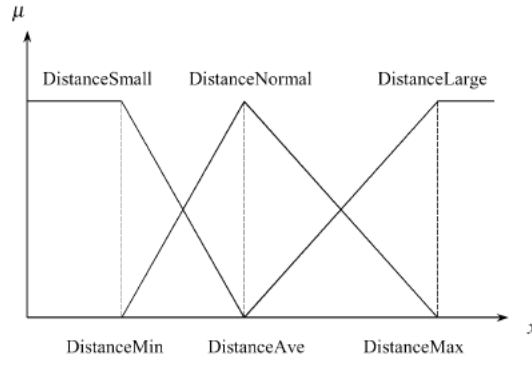


Figura 28- Definizione delle membership functions (Fonte: Wang et al. 2003)

Le tre funzioni vengono definite come:

$$\mu_{DistanceSmall}(x) = \begin{cases} \frac{DistanceAve - x}{DistanceAve - DistanceMin} & DistanceMin < x \leq DistanceAve \\ 1 & x \leq DistanceMin \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

$$\mu_{DistanceNormal}(x) = \begin{cases} \frac{x - DistanceMin}{DistanceAve - DistanceMin} & DistanceMin < x \leq DistanceAve \\ \frac{DistanceMax - x}{DistanceMax - DistanceAve} & DistanceAve < x \leq DistanceMax \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

$$\mu_{DistanceLarge}(x) = \begin{cases} \frac{x - DistanceAve}{DistanceMax - DistanceAve} & DistanceAve < x \leq DistanceMax \\ 1 & x > DistanceMax \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

In seguito, seguendo quella che è la logica Fuzzy, si analizzano tutte le distanze calcolate e si applicano delle regole definite da utente; nel caso in esame le regole sono:

- Regola 1: se la distanza tra due punti è grande, essi appartengono a due diversi set di punti; altrimenti, appartengono al medesimo set;
- Regola 2: il set con il maggior numero di punti rappresenta il modello, quello con il minor numero rappresenta il set di disturbo e può essere eliminato.

Entrambi i metodi di filtraggio sono validi, tuttavia il metodo fuzzy risulta veloce e corretto solo nel caso di punti di disturbo “lontani” dalla nuvola del modello; nel caso di punti più vicini al modello, è opportuno utilizzare la tecnica con le immagini binarie.

Una volta filtrato il modello dai disturbi, è necessario effettuare una **regolazione dell'orientamento**, in quanto con la semplice scansione il modello non ha una precisa orientazione nello spazio, mentre per poterlo usare è opportuno che si conosca la sua posizione precisa rispetto ad una terna di riferimento (fig.

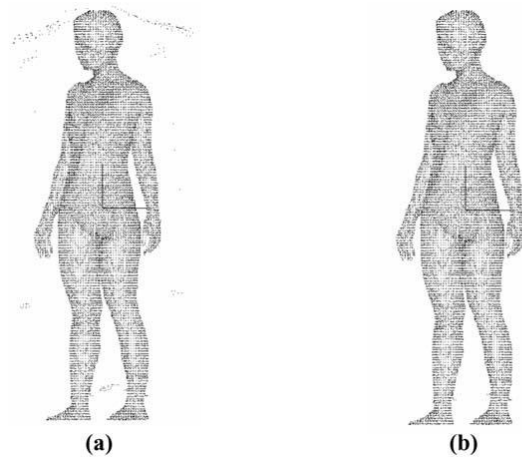


Figura 29- Prima e dopo noise filtering (Fonte: Wang et al. 2003)

30). Quello che si vuole ottenere è una terna di assi cartesiani in cui l'asse Z attraversa il modello per la sua altezza, il piano ZY coincide con il piano frontale e il piano ZX con quello sagittale, con l'asse X uscente dal piano frontale; l'origine della terna è invece posizionata all'incrocio tra i tre assi e alla minima altezza del modello.

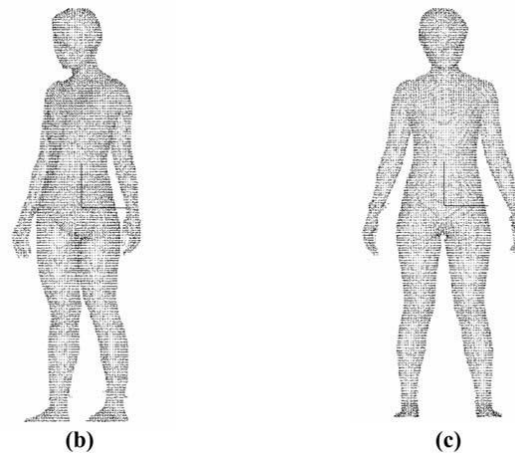


Figura 30- Prima (sinistra) e dopo (destra) la modifica dell'orientamento (Fonte: Wang et al. 2003)

Per fare questo si utilizza un algoritmo *if-then*, si applicano delle regole antropometriche di misura del corpo umano e si osservano le gambe quando viene ruotato il modello: se si ruota il modello, infatti, la distanza totale tra il punto esterno sul ginocchio destro e il suo corrispettivo sul ginocchio sinistro è sempre variabile, ed è minima quando il modello è esattamente di lato, sia esso a destra o a sinistra. Per cui il procedimento è proprio quello di individuare questa distanza minima, considerando come altezza per le ginocchia l'intorno di circa $1/4$ dell'altezza totale del modello, indicata con H (fig. 31).



Figura 31- Confronto tra diverse ampiezze delle ginocchia per modifica dell'orientamento (Fonte: Wang et al. 2003)

Se la distanza calcolata è quella minima, allora il modello è posizionato di lato, ma bisogna ancora vedere se è posizionato nel giusto verso dell'asse x. Si osservano i piedi del modello, facendo caso al fatto che, per avere la giusta direzione di x, le punte dei piedi devono puntare verso sinistra.

Ancora una volta si utilizzano una logica *if-then* e delle regole antropometriche, per trovare all'incirca la posizione delle caviglie ad $1/20$ dell'altezza totale H. Si misura la lunghezza maggiore del piede (quella misurata a quota $z=0$) e la lunghezza a livello delle caviglie, se ne fa la differenza e, in base al segno del risultato, si vede il suo orientamento ed eventualmente lo si ruota per posizionarlo come desiderato.

Orientato correttamente il modello, si procede con la **costruzione della mesh**, che in genere non viene generata sull'intero modello ma su parti distinte di esso, che poi vengono unite tra loro. Per dividere il modello è prima opportuno individuare dei punti caratteristici all'interno dello stesso. Nella RE in

generale è molto importante il corretto riconoscimento delle caratteristiche (features) dell'oggetto, siano esse fori, estrusioni, ecc. In un modello di corpo umano il problema si complica in quanto ci si trova di fronte ad un modello freeform, ovvero senza una geometria definita da precise regole, per cui diventa necessario fornire un metodo di estrazione che tenga conto di questo problema. Possiamo dividere il modello del corpo umano in:

- *Semantic features* (caratteristiche semantiche);
- *Features points* (punti caratteristici);
- *Feature curves* (curve caratteristiche).

Nel caso del corpo umano le Semantic Features rappresentano le caratteristiche intrinseche del corpo stesso utilizzabili come entità separate, ovvero specifiche parti del corpo umano, come la vita, il petto, le spalle, la circonferenza del braccio, della coscia e così via. Come detto in precedenza, queste non sono immediatamente riconoscibili dai programmi di RE poiché non sono delle figure semplici, per cui bisogna affidarsi alla suddivisione del corpo mediante dei punti fondamentali chiamati feature points: questi vengono ulteriormente divisi in **Key Feature Points** (ascelle, ombelico, collo anteriore, collo posteriore, petto, cavallo) e in tutti gli altri punti che servono poi a definire le misure sul corpo umano necessarie alla progettazione dei capi [26] (fig. 32).

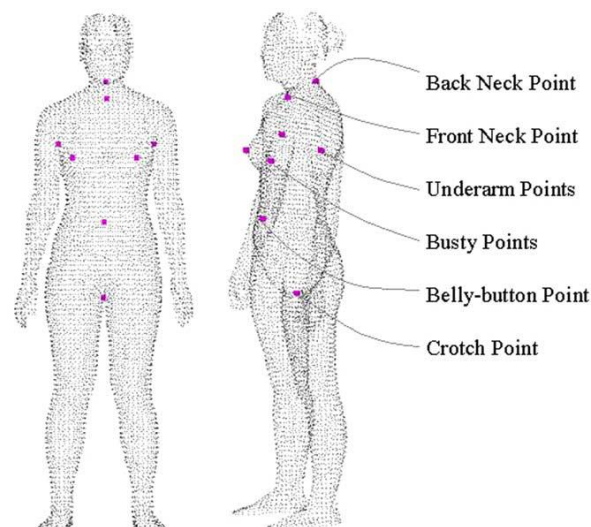


Figura 32- Key Feature Points su un modello di corpo umano (Fonte: Wang et al. 2005)

In seguito, questi punti vengono uniti mediante delle curve che rappresentano esattamente le curve utilizzate sui manichini per effettuare le misurazioni. La geometria del corpo umano è interamente parametrizzata mediante queste entità caratterizzanti.

Per dividere il modello ai fini della creazione della mesh, è essenziale trovare prima di tutto tre dei punti chiave caratteristici, ovvero le due ascelle e il cavallo. L'individuazione di questi punti viene fatta tagliando il modello con dei piani paralleli al piano XY, partendo dalla sommità del modello e scendendo giù ed esaminando le curve di intersezione che vengono così generate; ovviamente i primi punti che verranno individuati saranno quelli delle ascelle. Il piano (e quindi l'altezza delle ascelle) viene identificato quando si riescono a distinguere nella curva generata quattro pieghe (fig. 33).

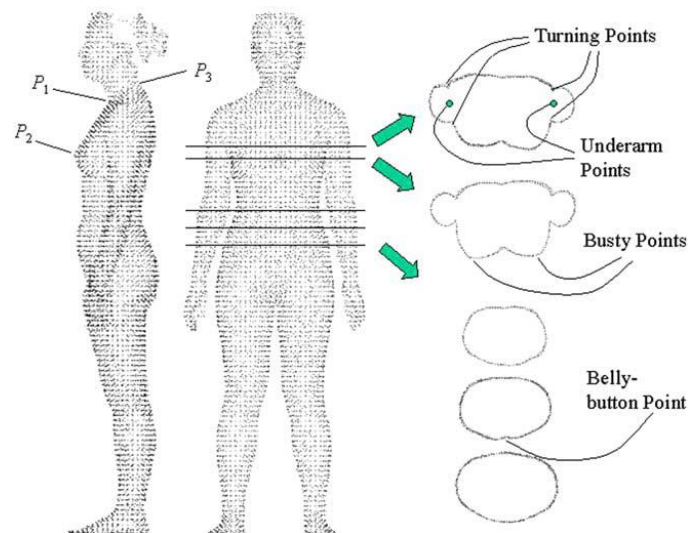


Figura 33- Determinazione dei key feature points (Fonte: Wang et al. 2005)

I punti rappresentanti le ascelle vengono presi esattamente al centro tra due pieghe dello stesso lato.

Il cavallo viene individuato anch'esso con la tecnica del taglio con piani orizzontali, questa volta fatta ad un'altezza pari circa alla metà del modello, fino a quando non si ottengono due curve separate, che rappresentano le gambe. Il piano in cui non si ottiene più un'unica curva (quella del tronco) ma due (quelle delle gambe) rappresenta l'altezza del cavallo (fig. 34).

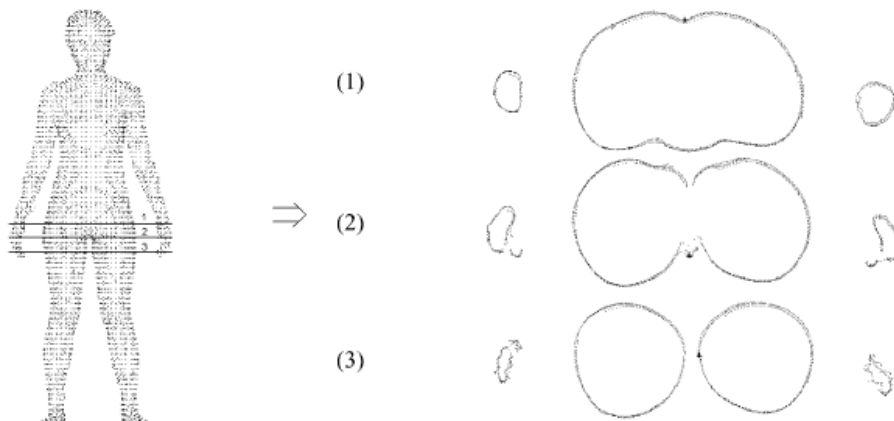


Figura 34- Determinazione del cavallo (Fonte: Wang et al. 2003)

Trovati questi primi tre key feature points, il modello può essere diviso esattamente in sei parti, testa e spalle, tronco, braccia e gambe (fig. 35).

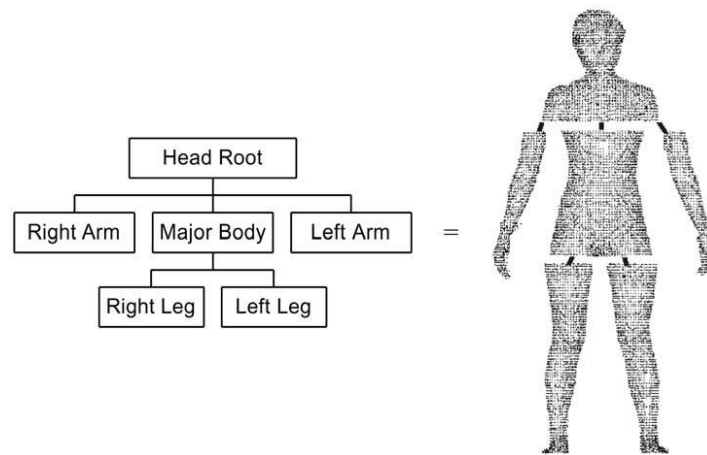


Figura 35- Divisione del modello in sei parti (Fonte: Wang et al. 2003)

Le sei parti risultano più o meno simili a dei cilindri, per cui la creazione della mesh risulta piuttosto semplice: ogni “cilindro” sezionato da un piano orizzontale genera una sorta di ellisse, che viene diviso nel piano polare in un determinato numero di intervalli. In seguito, vengono determinate le coordinate di ogni punto estremo dell’intervallo e i punti vengono uniti tra di loro, generando una mesh con superfici triangolari (fig. 36). Fatto ciò, le mesh delle sei parti devono essere unite tra loro, per ottenere un’unica mesh continua per il modello del corpo umano.

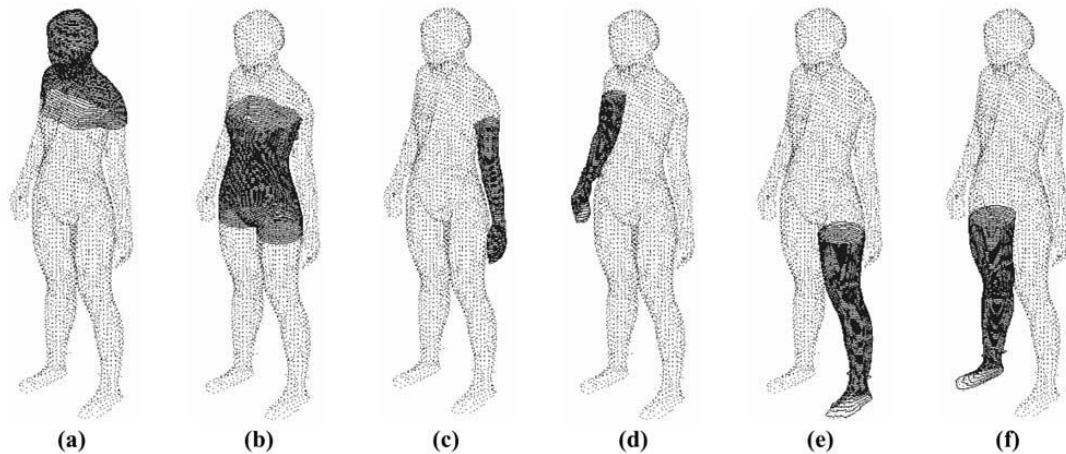


Figura 36- Mesh separate per le sei parti del corpo (Fonte: Wang et al. 2003)

Terminata l’operazione di costruzione della mesh, l’ultima operazione rimasta prima di completare il modello è la definizione delle Semantic Features che, come visto in precedenza, non sono altro se non le caratteristiche del corpo umano. Questo passaggio è particolarmente importante perché rende l’avatar del manichino parametrico e parametrizzabile: questo vuol dire che, una volta creato il modello del manichino, esso può essere modificato per adattarlo ad altre taglie oltre quella che rappresenta il modello scansionato. Questa operazione è resa possibile grazie al fatto che la struttura del corpo umano è la stessa anche per corpi diversi; tuttavia, è necessario fare la costruzione del manichino virtuale per diverse tipologie di corporatura, in modo da coprire quanto più possibile il range di variazioni possibili.

Vengono prima di tutto individuati gli altri punti chiave mancanti:

- Il collo anteriore e il collo posteriore vengono individuati cercando i punti estremi a coordinata minore (positiva se posteriore, negativa se inferiore) ad altezza di circa $7/8$ dell'altezza H , con il modello visto dal lato sinistro;
- Il busto è individuato dalla prospettiva laterale cercando il punto estremo a distanza maggiore all'altezza di circa $3/4$ dell'altezza totale;
- L'ombelico si trova all'incirca a $5/8$ dell'altezza totale e viene individuato sulla vista laterale.

Trovati i punti chiave, tutti gli altri punti caratteristici vengono individuati usando delle regole antropometriche già utilizzate nel campo del disegno di moda. In seguito, questi punti vengono uniti attraverso delle curve di Bézier del quarto ordine, aventi i punti estremi coincidenti con i punti da collegare e i punti interni come punti di controllo, la cui modifica della posizione viene fatta col fine di avvicinare quanto più possibile la rete di curve creata (*Feature Wireframe*) alla nuvola di punti originale (fig. 37).

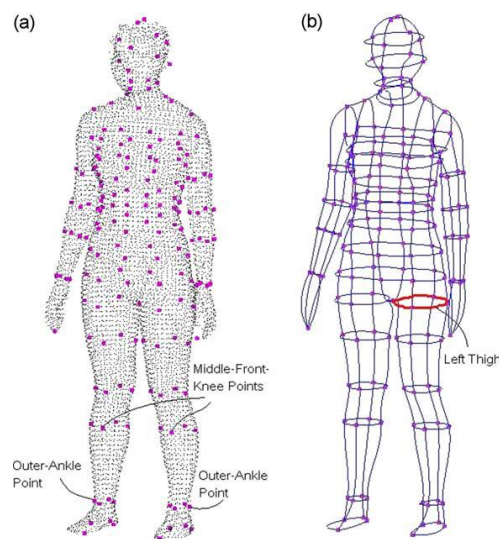


Figura 37- Modello con mesh e feature points (a) e feature wireframe (b) (Fonte: Wang et al. 2005)

Le feature curves sono molto importanti perché il loro ruolo è sia quello di “mimare” le curve dei manichini su cui vengono effettuate le misure per il disegno dei capi, sia quello di base per la successiva creazione e simulazione in 3D del capo virtuale.

La costruzione del manichino virtuale può ritenersi conclusa con altre due operazioni; come prima cosa, se necessario, la mesh e il feature wireframe vengono resi simmetrici; sia che il modello reale fosse una persona o un manichino, la nuvola di punti raramente risulta essere simmetrica, mentre per le applicazioni di simulazione risulta generalmente più semplice lavorare con un modello simmetrico. Viene presa la mesh (ma anche il feature wireframe con tutte le sue feature curves) e ne viene creata un'altra simmetrica rispetto al piano sagittale; viene in seguito costruito un nuovo modello che viene calcolato come la media tra i due modelli creati.

Infine, l'ultimo passaggio è quello di creazione delle superfici che vanno a chiudere la mesh. Vengono usate delle superfici di Gregory per interpolare e chiudere le varie curve caratteristiche e in seguito viene applicato un algoritmo di affinamento per adattare queste superfici alla nuvola di punti (fig. 38).

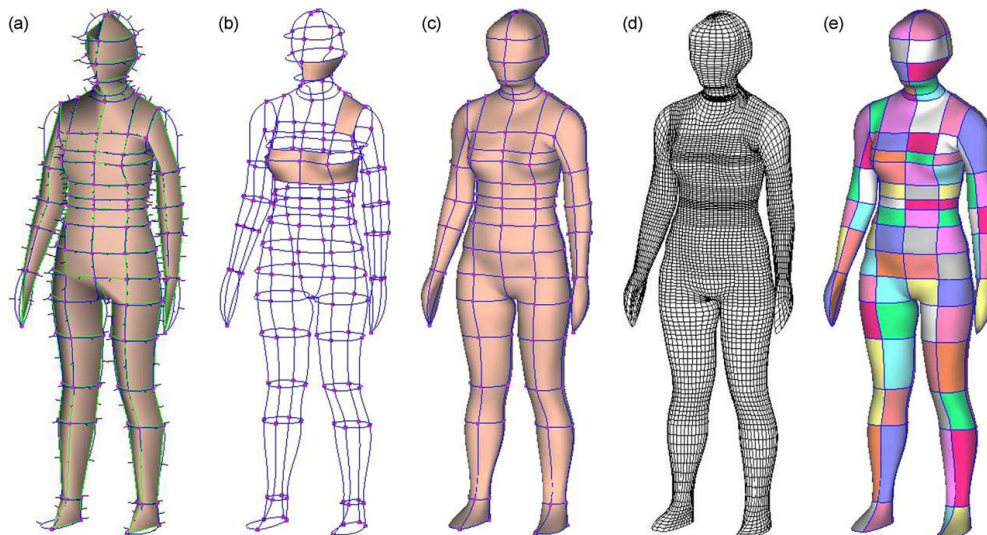


Figura 38- Interpolazione con superfici di Gregory (Fonte: Wang et al. 2005)

Oltre alla tecnica di estrazione dei key feature points con i piani orizzontali prima descritta, può essere utilizzata un'altra tecnica, per certi versi più veloce, perché non lavora con l'intera nuvola di punti: essa prevede che la nuvola di punti rifinita venga proiettata in diverse direzioni per ottenere delle immagini binarie [27]. Da queste viene estratto il contorno della figura individuando i punti estremi e in seguito vengono identificati i punti chiave:

- La testa viene identificata come il punto ad altezza maggiore;
- I piedi come i due punti ad altezza minima ed estensione orizzontale massima;
- Le mani come i punti ad estensione orizzontale massima.

Una volta trovati questi cinque punti, gli altri vengono definiti di conseguenza:

- Il cavallo è il punto a maggior altezza sul contorno tra i due piedi;
- Le ascelle (vale per destra e sinistra) sono il punto a maggior altezza sul contorno tra piede e mano di uno stesso lato;
- Le spalle sono i punti a maggior altezza con estensione pari a quelle delle ascelle (fig. 39).

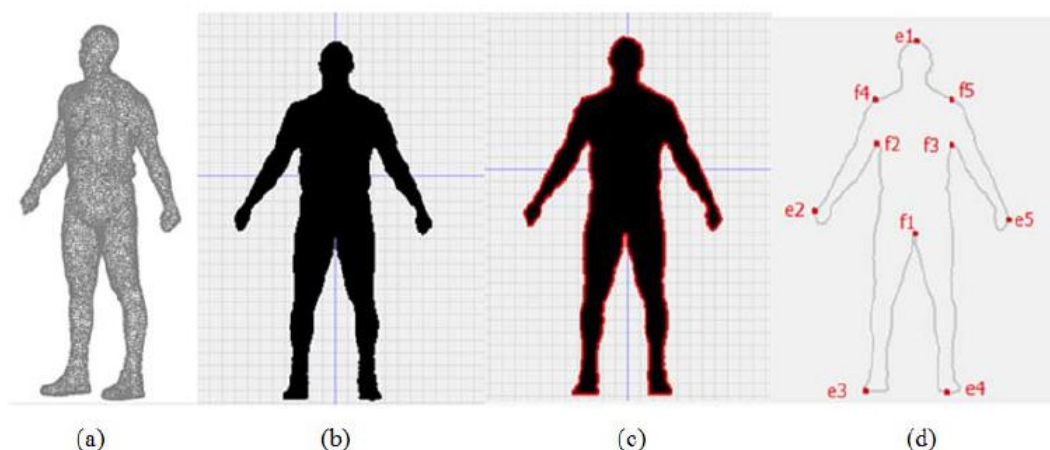


Figura 39- (a) Nuvola di punti originale; (b) Proiezione ortogonale; (c) Estrazione del contorno; (d) Estrazione dei key feature point (Fonte: Hu et al. 2014)

Ricapitolando quindi, la tecnica di RE su un corpo umano o su un manichino risulta fondamentale per lo sviluppo dei programmi di prototipazione 3D; essa permette di:

- Estrarre le dimensioni attraverso la misurazione delle curve caratteristiche;
- Generare avatar parametrizzabili (figg. 40, 41, 42);
- Disegnare in modo parametrico, modificando le linee e i punti caratteristici (fig. 43);
- Costruire un capo 3D.

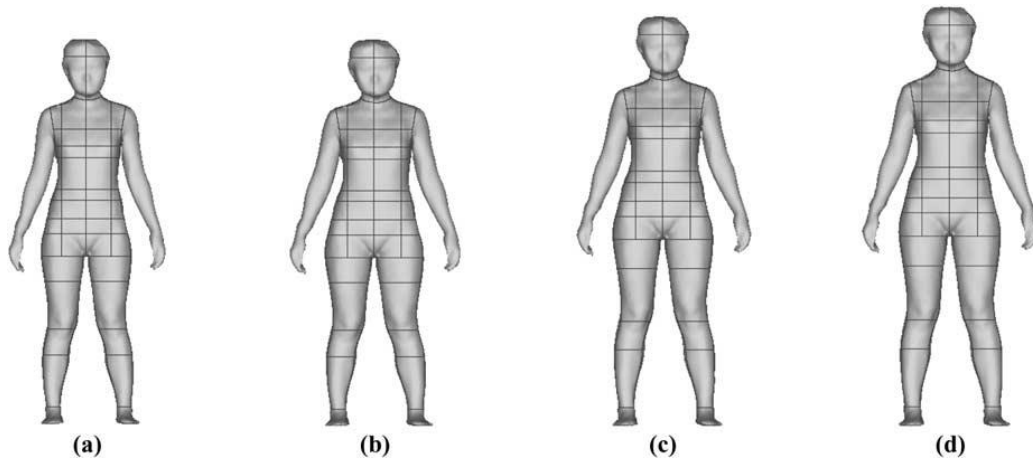


Figura 40- Creazione di taglie diverse dallo stesso feature wireframe (Fonte: Wang et al. 2003)

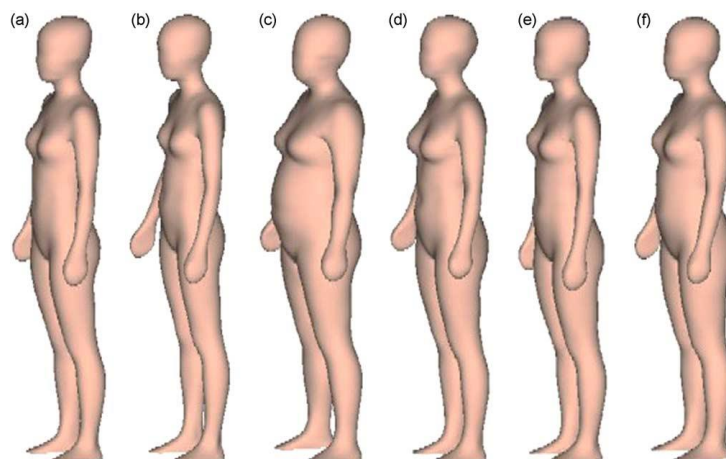


Figura 41- Modifiche su un manichino virtuale da donna (Fonte: Wang et al. 2005)

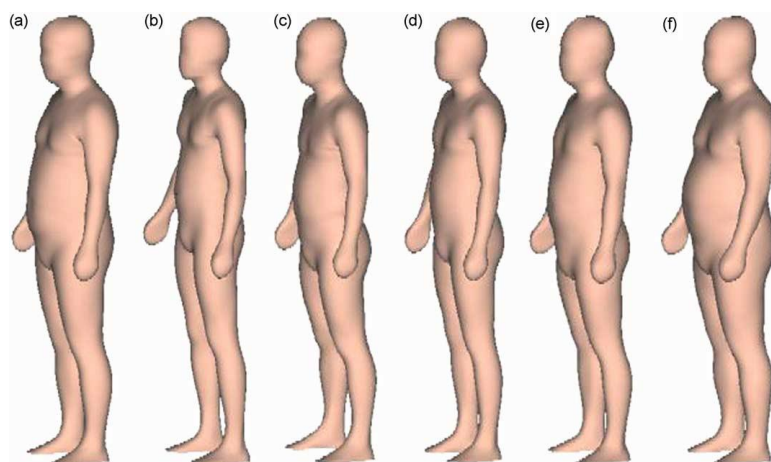


Figura 42- Modifiche su un manichino virtuale da uomo (Fonte: Wang et al. 2005)

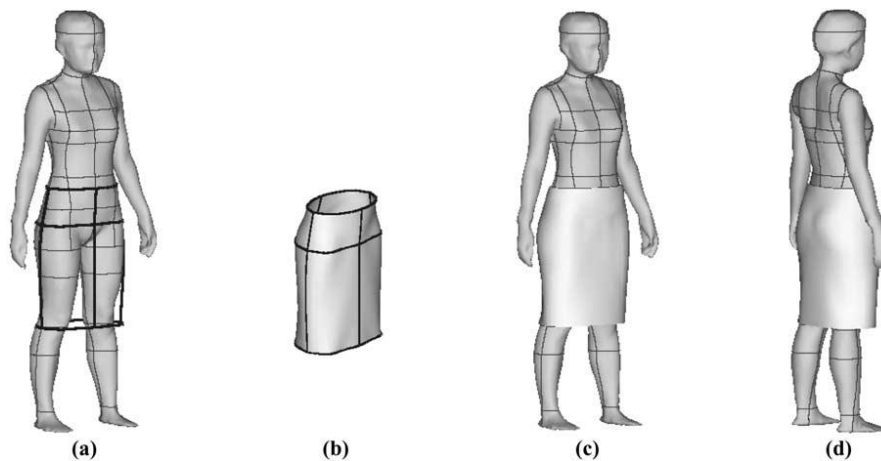


Figura 43- Esempio di costruzione di un capo 3D a partire dalla mesh del manichino (Fonte: Wang et al. 2003)

4.2.2 Pattern Wrapping

Come già annunciato nel paragrafo iniziale, esistono due tipi di approccio alla simulazione 3D per la moda: un approccio che parte dai pattern 2D fino a giungere alla costruzione del capo virtuale tridimensionale e uno che invece procede nel senso inverso, partendo dal disegno in tre dimensioni del capo fino all'estrazione da questo dei pattern 2D per la produzione.

Sebbene il secondo approccio risulterebbe molto vantaggioso, in quanto porterebbe a ricavare i pattern in maniera pressoché automatica dallo sketch del capo, se si analizzano i maggiori software utilizzati in campo produttivo per la prototipazione degli indumenti, ci si rende conto come essi abbiano tutti un approccio del tipo 2D-to-3D. Questo tipo di approccio non è altro che la trasposizione virtuale di quello che accade nella realtà: i pattern 2D vengono cuciti tra loro e il capo viene posizionato su un manichino (o indossato da una persona) per una sessione di fitting per valutare la vestibilità del capo, la bontà della fattura, il tessuto, ecc. Se durante la prova di fitting sorgono delle problematiche, si interviene su di esse modificando i pattern di partenza, in un processo iterativo che va avanti fino a quando non si raggiunge il risultato desiderato.

Allo stesso modo si procede nei programmi virtuali, con l'unica differenza che non c'è bisogno di produrre per davvero il capo di prototipo, ma la sessione di fitting viene svolta direttamente sul programma e le modifiche vengono fatte in modo veloce ed efficiente, riuscendo anche a valutare diverse alternative di soluzione.

Il punto di partenza per questo tipo di approccio è la presenza di un manichino, un avatar, su cui si possa montare il capo simulato. L'approccio 2D-to-3D è chiamato di *Pattern Wrapping*, e sta a rappresentare l'avvolgimento di un tessuto attorno ad un corpo tridimensionale; si tratta di uno dei problemi principali della computer grafica, con la differenza che in questo caso risulta fondamentale la stabilità dimensionale dei modelli 2D. Infatti, dovendo valutare come questi vestono sul manichino, bisogna che vengano trattati come nella realtà, ovvero come dei pezzi di tessuto approssimabili a delle superfici, che vengono piegati e modellati su un corpo senza però perdere le loro dimensioni, mantenendo le stesse lunghezze e la stessa area.

Una tecnica spesso usata nella computer animation per queste operazioni è l'utilizzo di modelli energetici che si avvalgono di sistemi del tipo **massa molla**. In *A spring-mass model-based approach for warping cloth patterns on 3D objects* [28] si analizza approfonditamente questo sistema, partendo con tre assunzioni:

- Il passaggio dal 2D al 3D è un processo di deformazione elastica in cui si hanno grandi spostamenti ma piccole deformazioni;
- Il tessuto è trattato come omogeneo e isotropo;
- All'inizio della trasformazione i pattern 2D si trovano in uno stato iniziale definito.

Il modo in cui funziona questo modello è molto semplice ed è questo il motivo per cui è molto usato nei vari software di simulazione. I modelli 2D vengono suddivisi in una rete composta da masse e molle (le molle rappresentano i lati dei triangoli della mesh, le masse i vertici dei triangoli) (fig. 44); utilizzando l'equazione del moto di Lagrange, si calcola per ogni punto della mesh lo spostamento che esso deve subire per avvolgere il corpo.

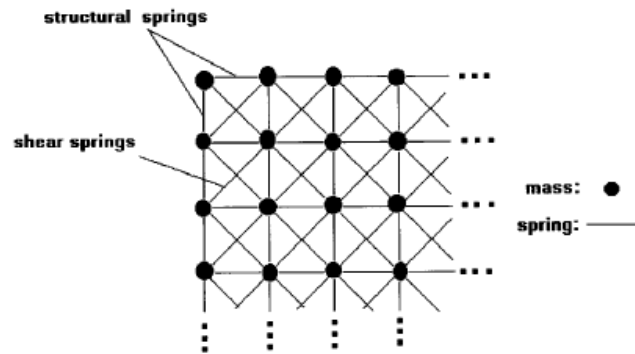


Figura 44- Sistema a masse e molle (Fonte: Fan et al. 1998)

L'equazione del moto viene risolta utilizzando il metodo delle differenze finite, in una serie di iterazioni che va avanti fino a quando si raggiunge il valore minimo di energia di deformazione del sistema. Si analizzano i termini dell'equazione del moto di Lagrange:

$$\mu \frac{\partial^2 X}{\partial t^2} + \gamma \frac{\partial X}{\partial t} + f_e = f_c + f_r + f_p$$

X è il vettore posizione del singolo nodo, μ e γ sono rispettivamente la massa nel nodo e il fattore di smorzamento, mentre i termini di forza sono:

- f_e è la **forza elastica interna** della struttura, calcolata come $f_e = \sum_{i=1}^n c_t [(p_0 - p_i) - d_i] \cdot n_{i,0}$ con c_t costante elastica (determinata dalle proprietà del materiale calcolate con il metodo Kawabata), p_0 e p_i due punti adiacenti, d_i la distanza tra i due punti nella mesh bidimensionale e $n_{i,0}$ il vettore unitario che va da p_0 a p_i ;
- f_c è la **forza di cucitura** che viene applicata a due lati dei pattern che devono essere cuciti tra di loro. Questa forza è intesa come una forza di attrazione tra due punti designati e viene calcolata come $f_c = c_c \cdot dist \cdot n_{2,1}$, dove c_c è la costante di cucitura, $dist$ è la distanza tra i due punti che devono essere cuciti insieme e $n_{2,1}$ è il vettore unitario dal punto 1 al 2 (fig. 45);

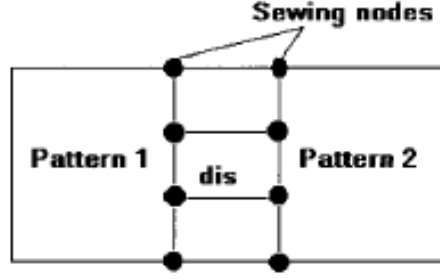


Figura 45- Forza di cucitura tra due lati (Fonte: Fan et al. 1998)

- f_r è la **forza resistente alle collisioni**, è un termine di errore aggiunto per prevenire la collisione tra il tessuto e il corpo sottostante. Essa è funzione della distanza tra i punti delle due diverse mesh ed è calcolata attraverso la funzione di errore $f_r = \begin{cases} c_r \cdot \exp[(\Delta dist)^{-1}] \cdot n & \text{se } \Delta dist \leq d \\ 0 & \text{altrimenti} \end{cases}$, dove c_r è una costante, $\Delta dist$ è la distanza di collisione calcolata tra due punti e d è il valore di soglia imposto per la collisione (fig. 46);

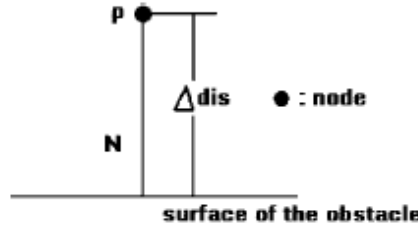


Figura 46- Forza di collisione (Fonte: Fan et al. 1998)

- f_p è la **forza peso**, calcolata semplicemente come $f_g = m_i g$, dove g è l'accelerazione di gravità e m_i è la massa nodale, calcolata dividendo la massa totale del pattern di tessuto per il numero di nodi scelti per la mesh.

Le tre forze f_c , f_r e f_p costituiscono insieme le forze esterne a cui è sottoposto il sistema. Per risolvere l'equazione si utilizza il metodo delle differenze finite calcolato nel dominio del tempo; poiché il calcolo viene svolto su ogni nodo, si considera la forza elastica come una forza esterna, dunque essa viene spostata a secondo membro.

$$\mu \frac{1}{\Delta t^2} (X_{t+\Delta t} - 2X_t + X_{t-\Delta t}) + \gamma \frac{1}{2\Delta t} (X_{t+\Delta t} - X_{t-\Delta t}) = f_p + f_e(X_{t+\Delta t}) + f_r(X_{t+\Delta t}) + f_c(X_{t+\Delta t})$$

L'equazione viene semplificata ulteriormente considerando piccoli intervalli di tempo e viene risolta se vengono imposte le condizioni iniziali:

$$\begin{aligned} X_{t=0} &= X_0 \\ \left. \frac{\partial X}{\partial t} \right|_{t=0} &= 0 \\ \left. \frac{\partial^2 X}{\partial t^2} \right|_{t=0} &= 0 \\ X_{-\Delta t} &= X_{t=0} = X_0 \end{aligned}$$

Dove X_0 indica la posizione iniziale del nodo di riferimento; l'equazione del moto può essere quindi semplificata come:

$$\left(\mu \frac{1}{\Delta t^2} + \gamma \frac{1}{2\Delta t}\right) X_{t+\Delta t} = f_p + f_e(X_t) + f_r(X_t) + f_c(X_t) - \left(\mu \frac{1}{\Delta t^2} + \gamma \frac{1}{2\Delta t}\right) X_{t-\Delta t}$$

Da cui $X_{t+\Delta t}$ può essere facilmente calcolato.

Sul programma di simulazione quello che succede è un preposizionamento dei pattern attorno al corpo del manichino, in modo tale da stabilire le posizioni iniziali dei punti. Questo preposizionamento viene effettuato mediante la definizione sui pattern 2D dei “punti di collegamento”, dei punti che associano ogni pattern ad un punto del corpo del manichino. Inoltre, a tutti i pattern viene applicata, oltre alla forza peso dovuta all'atmosfera in cui viene virtualmente posizionato il capo, una forza di attrazione che simula la cucitura tra più pezzi; l'utente seleziona manualmente due segmenti di pattern diversi che devono essere cuciti tra loro. Il preposizionamento dei pezzi è molto importante in quanto se non fatto in maniera accurata l'algoritmo continua ad iterare ininterrottamente, risultando probabilmente in un fallimento oppure impiegando un tempo macchina eccessivo. Mentre il programma itera il calcolo di soluzione dell'equazione del moto, viene calcolato di volta in volta il termine di errore per la collisione e il calcolo totale viene terminato quando l'energia di deformazione si stabilizza attorno al suo valore minimo.

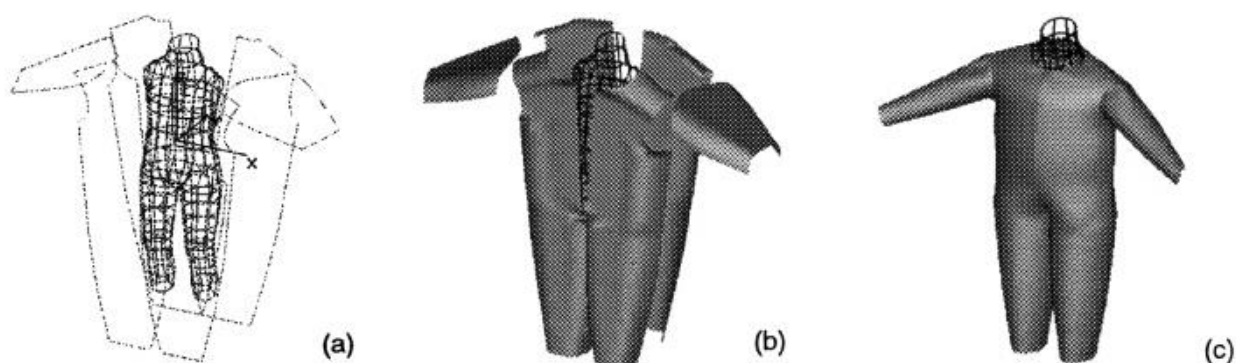


Figura 47- Preposizionamento e unione dei pattern attorno al manichino (Fonte: Fan et al. 1998)

Terminato il calcolo il capo risulta cucito attorno al corpo del manichino e pronto per la simulazione del tessuto (fig. 47).

4.2.3 Pattern Flattening

L'approccio che parte dalla costruzione del modello 3D e termina con la creazione automatica dei pattern bidimensionali pronti per la produzione è sicuramente l'approccio più interessante tra i due: l'uso di programmi che utilizzano questo metodo porterebbe ad un risparmio di tempo molto grande per le industrie che lo utilizzano, in quanto eliminerebbe del tutto il collo di bottiglia determinato dalla fase di creazione dei pattern e dalle successive prove di controllo iterative per il controllo della vestibilità. Come visto nel primo capitolo, la giusta creazione dei pattern è affidata completamente all'esperienza dei pattern makers e alla loro personale interpretazione dello sketch dello stilista. È questa componente di soggettività umana che porta marche diverse ad avere dimensioni e vestibilità diverse per le stesse taglie [29]. Eliminando questa componente di soggettività si eliminerebbe alla base il problema, oltre al fatto che questo comporterebbe un notevole risparmio di tempo.

Tuttavia, ad oggi, nessuna azienda è ancora in grado di utilizzare software di questo tipo per scopi industriali, e gli unici programmi di prototipazione virtuale utilizzati sono quelli di trasformazione 2D-3D.

Parlando del funzionamento di questi programmi, bisogna distinguere due diverse fasi:

- Costruzione del modello sul manichino 3D;
- Taglio e appiattimento dei pattern su un piano.

Il processo di creazione del modello parte sempre dal manichino: viene infatti creata la struttura del capo (*Feature Template*) sulla base della mesh del manichino [30]. Questa struttura viene detta “feature based” in quanto, essendo creata in base alle caratteristiche del manichino, ha memoria di quello che è il wireframe del manichino stesso. Questo vuol dire che un feature template di questo tipo si può adattare a diversi tipi di manichino e alle sue dimensioni, avendo come riferimento le sole caratteristiche semantiche del manichino stesso (fig. 48).

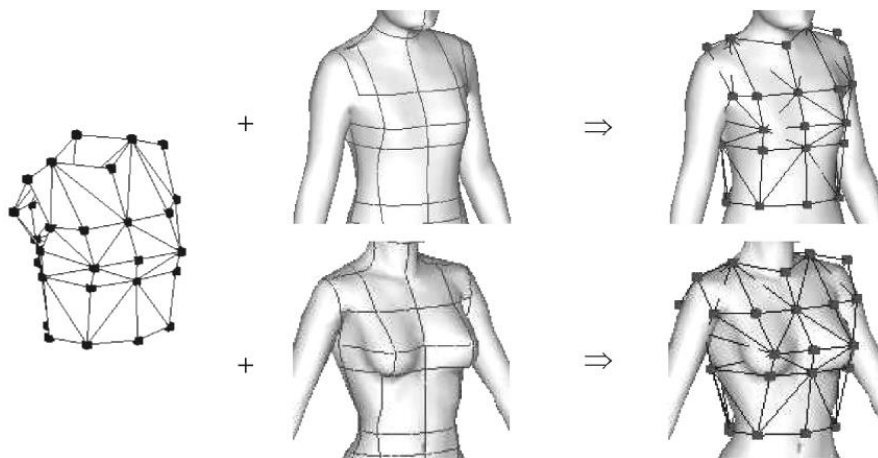


Figura 48- Feature template applicato su due manichini di taglia diversa (Fonte: Wang et al. 2002)

L’obiettivo della fase iniziale di creazione è quella di creare un database dei diversi modelli che si possono creare; una volta conservati i diversi modelli, basterà di volta in volta scegliere quello che più si avvicina al capo che si vuole creare e modificarlo opportunamente.

Questi template vengono creati facendo riferimento alla mesh e al feature wireframe del manichino. Nel momento in cui si interviene sul template per effettuare le modifiche si possono aggiungere dei punti in più mediante coordinate cartesiane. Questi punti devono poi essere inglobati nel modello del template e, una volta raggiunta la forma desiderata, si deve procedere con l’interpolazione della mesh del modello e la creazione delle curve di collegamento e delle superfici che vanno a chiudere ogni triangolo (fig. 49).

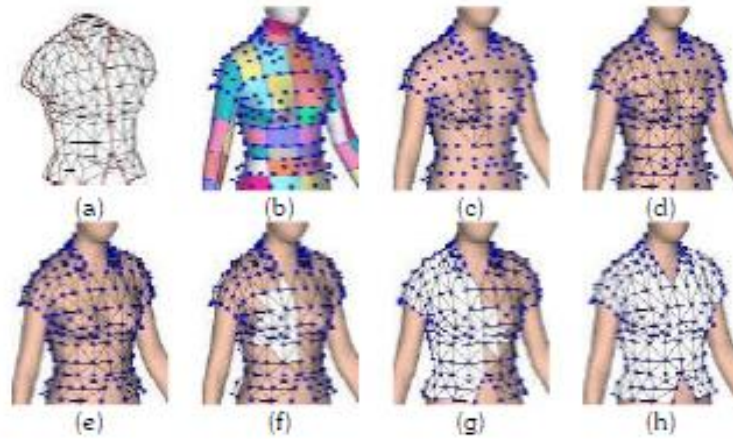


Figura 49- Processo di costruzione del capo 3D (Fonte: Wang 2004)

Quando si inseriscono punti sul template bisogna tenere conto di due cose: la prima è che bisogna mantenere sempre una distanza “di sicurezza” dal manichino per evitare problemi di compenetrazione e collisione, la seconda è che ogni capo è formato da parti a contatto con il corpo e parti che invece cadono distanti dal corpo (fig. 50).

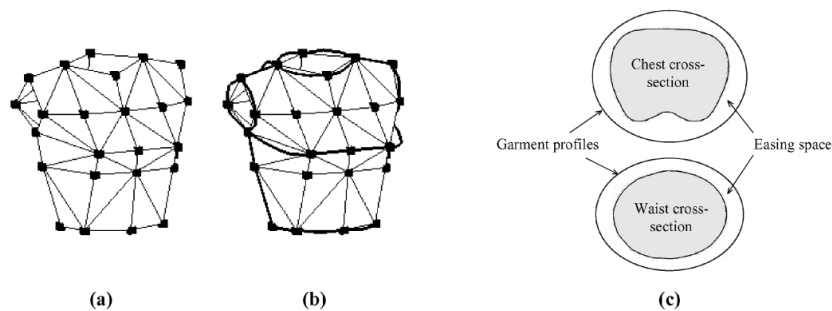


Figura 50- Distanza minima tra capo e manichino (Fonte: Wang et al. 2002)

Consolidato il feature template, questo può essere modificato in diversi modi. Si possono disegnare delle curve sulla mesh utili poi per tagliare il capo nei vari pattern che lo compongono, prima che questi vengano appiattiti; dopo aver disegnato sullo schermo la curva desiderata attraverso un input a punti, si applica un algoritmo di triangolazione per convertire queste curve in lati della mesh. In seguito, si procede con una nuova triangolazione, che serve per definire meglio la mesh nei diversi pattern (fig. 51).

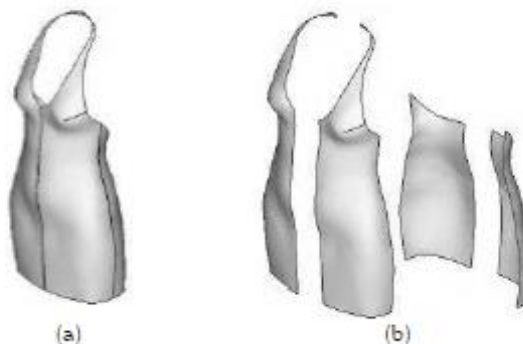


Figura 51- Definizione delle curve di divisione sulla mesh (a); Divisione (b) (Fonte: Wang 2004)

Un altro strumento di modifica è l'estrusione, molto utile quando si vogliono modificare le lunghezze degli orli. In questo caso basta selezionare la curva base per l'estrusione e disegnare delle curve di profilo che guidino l'estrusione stessa [31] (fig. 52).

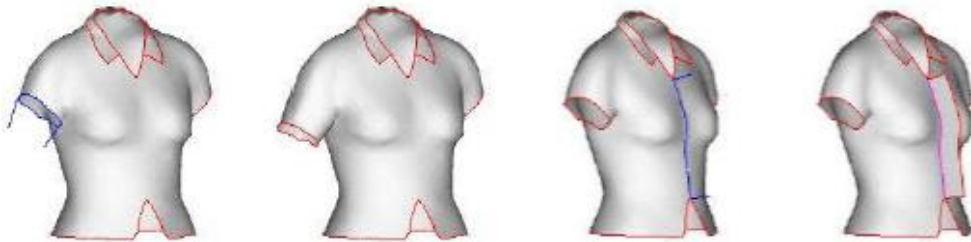


Figura 52- Estrusione della mesh tramite selezione del contorno da estrudere e della curva guida (Fonte: Wang 2004)

Infine, l'ultimo strumento utile per le modifiche dei template è lo strumento di taglio, per certi versi molto simile a quello di divisione: l'utente inserisce la curva di taglio e, come nello strumento di divisione, si genera una nuova mesh che comprende la nuova curva. In seguito, l'utente seleziona sulla stessa mesh i triangoli della parte da tagliare e questa viene immediatamente eliminata (fig. 53).

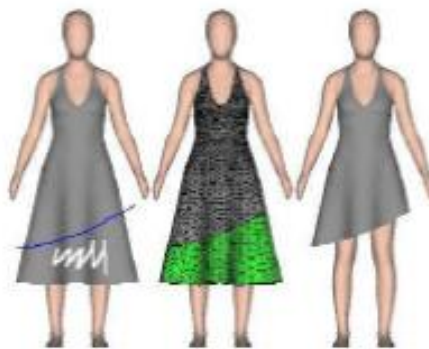


Figura 53- Taglio della mesh (Fonte: Wang 2004)

Costruito il capo 3D bisogna infine passare all'appiattimento dei pattern che sono stati precedentemente divisi attraverso gli strumenti appena visti. Come per l'approccio 2D-to-3D, anche in questo caso esistono diverse tecniche in computer grafica, tuttavia in questo caso (molto più che nel primo) è essenziale non deformare il pattern in termini di lunghezza. Difatti quello che vogliamo ottenere con l'operazione di appiattimento sono dei pattern 2D corretti che, una volta cuciti insieme, vestano esattamente allo stesso modo che si è definito nella creazione del capo corrispondente.

Si analizza nuovamente il caso di modello energetico, in quanto più veloce e intuitivo tra quelli proposti. Come avveniva nel caso studiato per l'avvolgimento, i diversi pattern vengono meshati in modo da ottenere una struttura a masse e molle [32]; l'appiattimento è un processo di deformazione della mesh triangolare diretto dall'energia di deformazione elastica. La struttura è la stessa analizzata prima, con le molle come collegamento tra i nodi e le masse al posto dei nodi stessi (fig. 54).

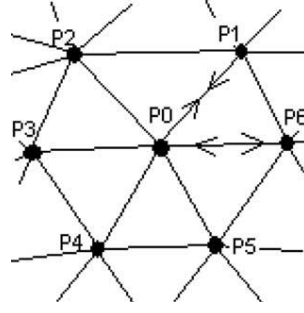


Figura 54- Sistema a masse e molle (Fonte: Wang et al. 2002)

Il processo di appiattimento viene fatto per ogni triangolo, partendo da uno centrale e allargandosi man mano a quelli attorno. I singoli triangoli vengono proiettati su un piano e, in base alle informazioni sulle posizioni dei nodi nella mesh 3D e ai collegamenti tra i vari nodi, vengono appiattiti. Se durante l'appiattimento la distanza tra due punti cambia rispetto a quella che avevano nella mesh tridimensionale, viene applicata una forza sulla molla, di compressione se la distanza è maggiore, di tensione se invece i due punti si sono avvicinati. Questa forza elastica e l'energia di deformazione valgono rispettivamente:

$$\vec{f}(P_i) = \sum_{j=1}^n C(|P_i P_j| - d_j) \vec{n}_{P_i P_j}$$

$$E(P_i) = \sum_{j=1}^n \frac{1}{2} C(|P_i P_j| - d_j)^2$$

dove C è la costante elastica, $|P_i P_j|$ è la distanza attuale tra due punti sulla superficie piana, d_j è la distanza tra i medesimi punti calcolata sulla mesh tridimensionale, e $\vec{n}_{P_i P_j}$ è il vettore che punta da P_i a P_j . Laddove si voglia controllare con rigore la precisione del meccanismo di appiattimento, si può localmente aumentare la costante elastica. L'energia di deformazione elastica totale (intesa come l'energia necessaria affinché i pattern 2D vengano deformati fino ad assumere la forma che hanno nel capo 3D) è calcolata come sommatoria dell'energia elastica calcolata in ogni punto.

Viene considerata di nuovo l'equazione del moto di Lagrange:

$$M\ddot{q} + D\dot{q} + Kq = g_q + f_q$$

Con M , D e K matrici di massa, smorzamento e rigidità, g_q forze di inerzia e f_q le forze esterne generalizzate. La variabile q rappresenta la posizione nel tempo dei punti della mesh bidimensionale. Nel sistema in esame delle semplificazioni possono essere effettuate: il termine di smorzamento è ignorato, mentre i termini di inerzia e forze esterne sono nulli. Le forze elastiche sono le uniche a cui sono sottoposti i singoli punti, dunque possono essere portate a secondo termine ($Kq = -\vec{f}_i$):

$$\ddot{q}_i(t) = \frac{f_i(t)}{m_i}$$

Con m_i massa nodale pari a $m_i = \frac{\rho}{3} \sum A_k$ (ρ densità superficiale e A_k è area del triangolo). Viene applicato il metodo di Eulero esplicito per risolvere l'equazione differenziale del moto, e si ottiene:

$$\dot{q}_i(t + \Delta t) = \dot{q}_i(t) + \Delta t \ddot{q}_i(t)$$

$$q_i(t + \Delta t) = q_i(t) + \Delta t \dot{q}_i(t) + \frac{\Delta t^2}{2} \ddot{q}_i(t)$$

Per ogni istante di tempo si cerca la posizione di ogni punto che minimizzi l'energia; l'algoritmo è sviluppato come segue e viene applicato fino a quando i valori di deformazione ed energia rientrano nei valori stabiliti in principio:

- Viene calcolata la massa nodale;
- Viene calcolata la forza elastica;
- Viene calcolata la nuova posizione dei nodi;
- Viene calcolata la funzione di errore $\vec{F}_{err} = -\sum_{j=1}^n C_{err} |h_j - h_j^*| \vec{n} \begin{cases} C_{err} = 1 & (h_j \leq h_j^*) \\ C_{err} = 0 & (h_j > h_j^*) \end{cases}$ e applicata al nodo in esame (la funzione di errore tiene conto della collisione);
- Il punto P_i viene spostato nella nuova posizione e vengono calcolate le nuove energie.

Utilizzando l'algoritmo di minimizzazione dell'energia i pattern 2D sono facilmente ottenuti. In seguito, vengono applicati degli ulteriori algoritmi di riduzione dell'errore per regolare i contorni creati.

4.2.4 Metodi di misurazione sui tessuti

Per effettuare delle corrette simulazioni dei tessuti è necessario conoscerne le caratteristiche meccaniche che intervengono negli algoritmi prima esposti. Tuttavia, l'argomento delle misurazioni oggettive sui tessuti è un argomento molto controverso, dovuto alla natura soggettiva delle proprietà "utili" di un tessuto.

Difatti, un tessuto può essere valutato in base a molte sue proprietà, come il tipo di materiale e di tessitura, la resistenza all'umidità e allo stiraggio, la stabilità dimensionale ed altri ancora; tuttavia, ci sono una serie di proprietà dei tessuti a carattere soggettivo, perché descrivono le sensazioni che si provano toccando il tessuto stesso.

Con il termine tecnico *Mano* si indicano la sofficietà, la morbidezza e la voluminosità di un tessuto, valutate come la sensazione prodotta nel momento in cui la superficie tessile è maneggiata [33]. Da questo ci si rende facilmente conto che non è immediatamente possibile avere delle caratteristiche oggettive che descrivano il tessuto, quando di fatto esso è descritto da caratteristiche dovute alla percezione umana.

Nei programmi di simulazione utilizzati per la progettazione di indumenti, vengono utilizzati per la descrizione dei tessuti due diversi tipi di approccio:

- *Kawabata Evaluation System for Fabric (KES-F)*;
- *Fabric Assurance by Simple Testing (FAST)*.

Entrambi gli approcci hanno lo scopo di trasporre delle proprietà soggettive attraverso la misurazione di proprietà oggettive.

Il sistema Kawabata [34], inventato in Giappone verso la fine degli anni 50, si propone come una misurazione oggettiva delle proprietà tattili di un tessuto, attraverso cinque diversi tipi di prove:

- Prova di trazione (fig. 55);
- Prova di taglio (fig. 55);
- Prova di flessione (fig. 56);
- Prova di compressione (fig. 57);
- Prova superficiale.



Figura 55- La stessa macchina viene utilizzata sia per la prova di trazione che per quella di taglio, con il provino di tessuto fissato tra due supporti: nella prova di trazione i due supporti si allontanano tra di loro, tendendo le fibre del materiale. Nella prova di taglio, i due supporti scorrono reciprocamente a destra e a sinistra, generando uno sforzo di taglio sul provino (Fonte: Yousef e Stylios)



Figura 56- Macchina per la prova di flessione: il provino di tessuto viene bloccato ad un'estremità ad un supporto fisso, all'altra ad un supporto mobile capace di ruotare attorno al supporto fisso. Questa rotazione provoca il piegamento del tessuto. (Fonte: Yousef e Stylios)

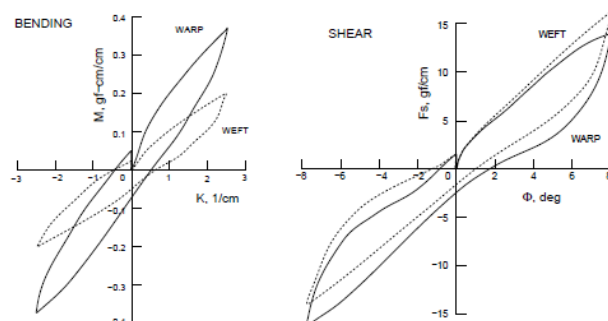


Figura 57- Macchina per la prova di compressione: il tessuto viene posizionato su di un piano forato e in corrispondenza di questo foro viene fatto scendere un pistone che va a comprimere il tessuto (Fonte: Yousef e Stylios)

Ogni misura viene effettuata su più provini di dimensioni diverse a seconda del tipo di misurazione che si sta effettuando. Tutte le misure calcolate con il metodo Kawabata dipendono dalla direzione (tranne la compressione), per cui la misurazione viene effettuata sia sulla lunghezza del tessuto, che di traverso (trama e ordito del tessuto).

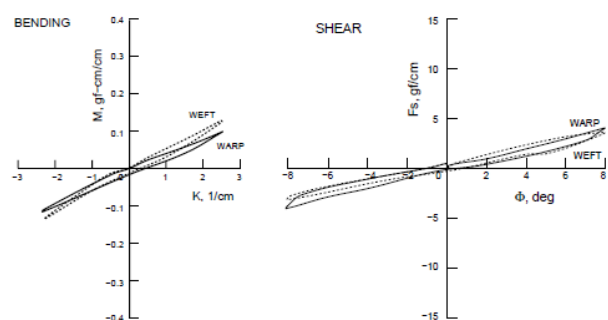
Oltre a queste cinque misurazioni, si può eventualmente valutare anche il coefficiente di scambio termico del materiale, utile per descrivere la sensazione di “fresco” del tessuto a contatto con la pelle.

Il sistema KES tiene conto sia della fase di deformazione che di quella di recupero, per cui i risultati vengono espressi sotto forma di cicli di isteresi (figg. 58, 59, 60).



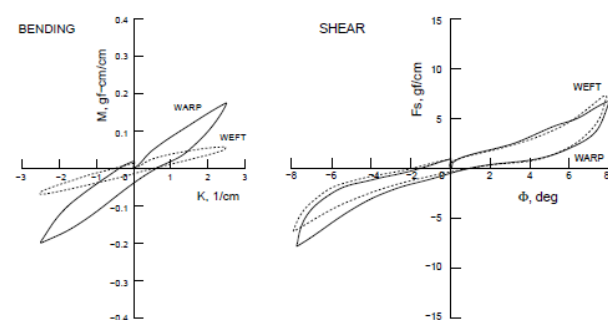
a) 100% cotton

Figura 58- Grafici della prova di flessione e di taglio per un tessuto 100% cotone; ogni grafico presenta due linee che indicano i risultati delle prove effettuate sulla trama e sull'ordito (Fonte: Breen et al. 1994)



b) 100% wool

Figura 59- Grafici della prova di flessione e taglio su un tessuto 100% lana (Fonte: Breen et al. 1994)



c) polyester/cotton

Figura 60- Grafici della prova di flessione e taglio su un tessuto misto poliestere e cotone (Fonte: Breen et al. 1994)

Il risultato di ogni misurazione viene poi accuratamente valutato mediante degli appositi algoritmi e sarà utilizzato per descrivere uno dei tanti aggettivi di “mano” (oltre che per i calcoli delle simulazioni) [35].

Il sistema FAST invece, serve per prevedere, sempre attraverso la misurazione di caratteristiche meccaniche oggettive, le proprietà sartoriali di un tessuto e il suo aspetto una volta indossato [36]. Le misurazioni dell'approccio FAST sono simili a quelle del sistema KES, e sono:

- Misura di compressione (FAST-1) (fig. 61);

- Misura di flessione (FAST-2) (fig. 62);
- Misura di estensione (FAST-3) (fig. 63);
- Misura della stabilità dimensionale.

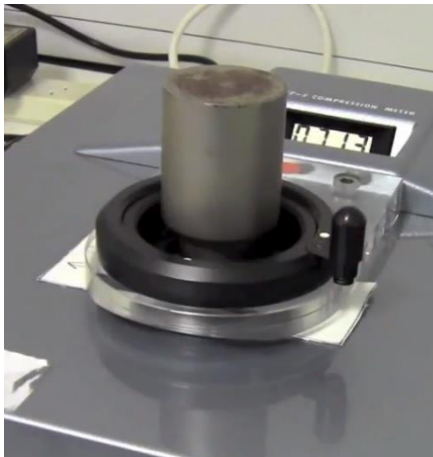


Figura 61- Macchina per misura di compressione FAST-1: viene prima misurato lo spessore del tessuto a riposo, in seguito viene posto un carico sul tessuto e se ne misura lo spessore da compresso (Fonte: Yousef e Stylios)



Figura 62- Macchina per misura di flessione FAST-2: il provino di tessuto viene fatto scorrere fino ad una cavità: la misura di flessione viene effettuata calcolando la distanza percorsa necessaria perché il tessuto piegato raggiunga un determinato angolo (Fonte: Yousef e Stylios)

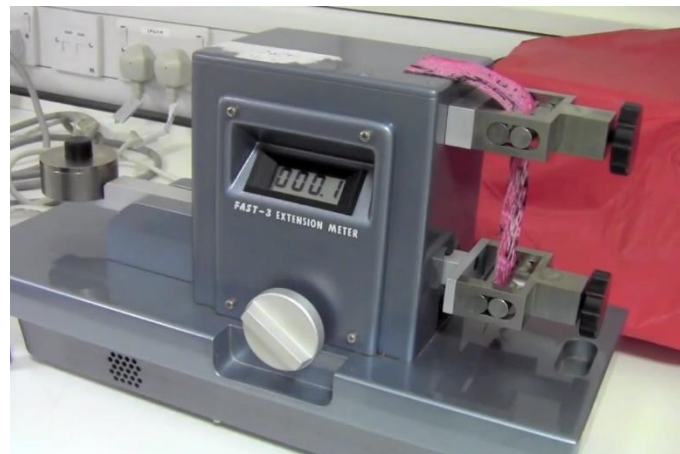


Figura 63- Prova di trazione FAST-3: un'estremità del provino viene fissata ad un supporto mobile, l'altra ad uno flottante collegato a dei pesi. La misura viene effettuata valutando l'allungamento generato in seguito alla rimozione dei pesi (Fonte: Yousef e Stylios)

A differenza del sistema KES, il FAST misura solamente la resistenza del materiale alla deformazione, mentre il primo metodo misura anche il recupero dalla deformazione [37].

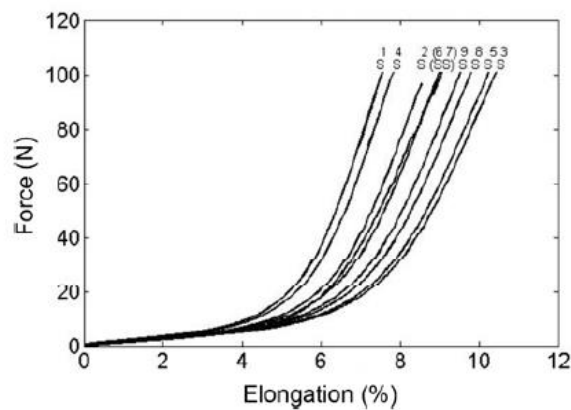


Figura 64- Curva della prova di tensione su nove diversi materiali (Fonte: Mozafary et al. 2016)

Le misure effettuate nei due metodi sono simili tra loro, tuttavia le misurazioni fatte con il metodo KES richiedono macchinari più costosi e dei test più complicati rispetto a quelle del sistema FAST, per cui in generale viene utilizzato maggiormente il secondo metodo per quanto riguarda le aziende che acquistano i tessuti.

Chiaramente oltre alle grandezze su descritte, è necessario conoscere il “peso” del tessuto, termine che impropriamente indica la densità superficiale.

4.2.5 Simulazione dei tessuti- Drappeggio

Il passo finale per la simulazione del capo è la corretta simulazione del tessuto di cui esso è composto. Quando si valuta un capo virtuale si presta attenzione non solo alla sua vestibilità, ma ci si domanda anche se la scelta di tessuto fatta sia la migliore per quel tipo di capo. Un tessuto, con la sua struttura così complessa e variabile, può influenzare largamente la vestibilità di un capo di abbigliamento, per cui bisogna valutare di volta in volta diversi casi.

La simulazione dei tessuti è uno degli argomenti principali della computer grafica, ma in questo caso la simulazione per scopi legati all’ambito della moda si distacca dalle tecniche utilizzate normalmente in animazione: in quest’ultimo campo la problematica principale è che il capo simulato sia esteticamente bello e che si avvicini quanto più possibile a quello che è l’aspetto di un capo d’abbigliamento nella realtà. Nelle applicazioni di moda invece, si vuole realmente sottoporre a test un determinato tipo di tessuto, per cui la simulazione non deve essere solo “bella” da vedere, ma deve simulare perfettamente il comportamento di un determinato tipo di tessuto, ovvero, deve tenere necessariamente conto delle caratteristiche meccaniche del tessuto stesso. Il modo in cui si valutano i tessuti è osservando la maniera in cui essi drappeggiano, ovvero osservando la forma che essi assumono quando vengono vincolati e sottoposti alla forza di gravità e/o altri tipi di forze [38] (figg. 65 e 66).

La simulazione dei tessuti presenta molte difficoltà, in quanto i tessuti sono materiali molli altamente deformabili e difficilmente assimilabili a materiali isotropi a causa della loro struttura. Le deformazioni che un capo di abbigliamento, e quindi il tessuto di cui è costituito, subisce sono molto grandi, ma poiché ci si serve delle simulazioni come strumento per controllare il fit del capo, bisogna considerare delle precisioni millimetriche. A tutto ciò bisogna aggiungere le difficoltà portate dalla complessità dei capi che si vanno a simulare e dai problemi legati alla collisione, sia tra il tessuto e il manichino su cui si va a montare il capo, sia tra tessuto e tessuto per capi sovrapposti o nel caso di pieghe.

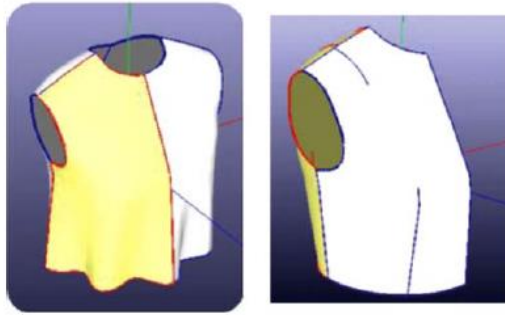


Figura 65- Differenza tra capo drappeggiato (sinistra) e senza drappeggio (destra) (Fonte: Liu et al. 2010)

Molti metodi sono stati studiati per approssimare al meglio questi problemi: uno di questi è il metodo FEM che, tuttavia, viene poco utilizzato in quanto non riesce a simulare in modo ottimale il comportamento anisotropo del materiale e richiede una potenza di calcolo eccessiva per riuscire ad ottenere dei risultati apprezzabili.

Il metodo fisico a particelle risulta ancora una volta il metodo più utilizzato, in quanto veloce e affidabile, anche se non il migliore quando si vuole effettuare una simulazione dinamica, come per esempio una sfilata virtuale [39] [40] [41] [42] [43].

In generale, la simulazione del drappeggio non è altro che il calcolo della traiettoria dei punti di un tessuto, che viene posto in una certa atmosfera ed è soggetto a delle forze.

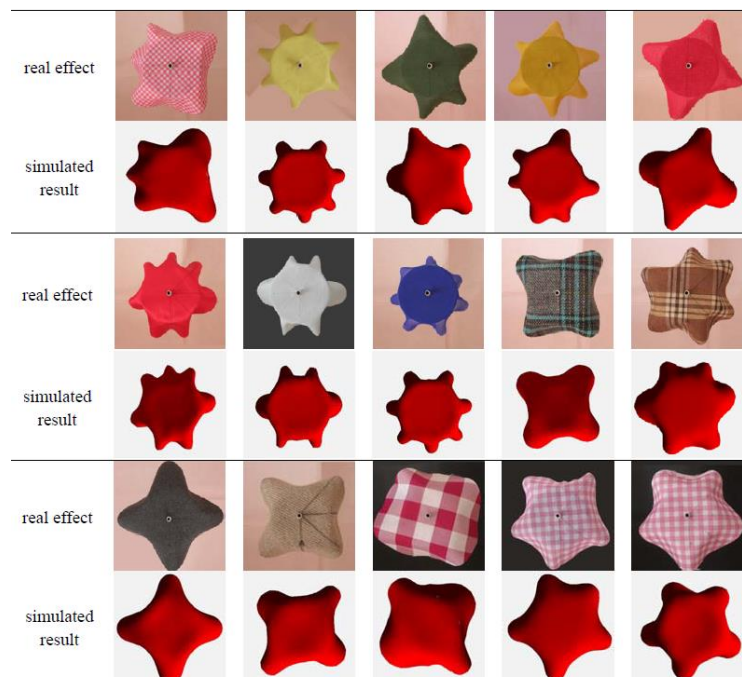


Figura 66- Confronto tra il drappeggio di un tessuto reale e uno simulato (Fonte: Jiang et al. 2012)

Per semplicità, viene utilizzato nuovamente il sistema a masse e molle, con l'obiettivo di studiare la traiettoria delle masse attraverso l'utilizzo della seconda legge di Newton:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Dove m rappresenta la massa della particella, $\vec{a}$ la sua accelerazione calcolata come derivata seconda nel tempo dello spostamento ed $\vec{F}$ la sommatoria delle forze interne ed esterne a cui è sottoposto il sistema.

Le forze interne sono quelle dovute alle deformazioni delle molle, che traducono in termini elastici diversi tipi di deformazione del materiale. La struttura a masse e molle è fatta in modo che ogni massa si trovi posizionata al centro dell'incrocio tra trama e ordito del tessuto, ed ogni massa è legata a quelle vicine attraverso tre diversi tipi di molle (fig. 70):

- **Molle strutturali**, sono quelle attraverso cui si analizzano le informazioni legate alla trazione e alla compressione del tessuto. Esse uniscono una massa con quella immediatamente vicina, sia in verticale che in orizzontale (fig. 67);

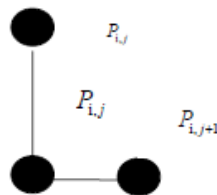


Figura 67- Molle Strutturali (Fonte: Yang et al. 2013)

- **Molle di taglio**, traducono il comportamento a taglio e scorrimento del tessuto, e collegano le masse diagonalmente (fig. 68);

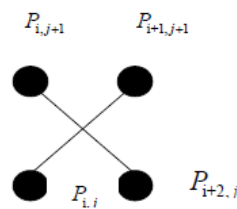


Figura 68- Molle di Taglio (Fonte: Yang et al. 2013)

- **Molle di flessione**, traducono il comportamento a flessione del tessuto e collegano verticalmente e orizzontalmente una massa ogni due (fig. 69).

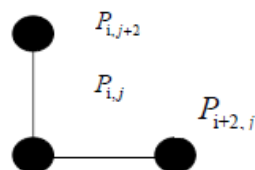


Figura 69- Molle di flessione (Fonte: Yang et al. 2013)

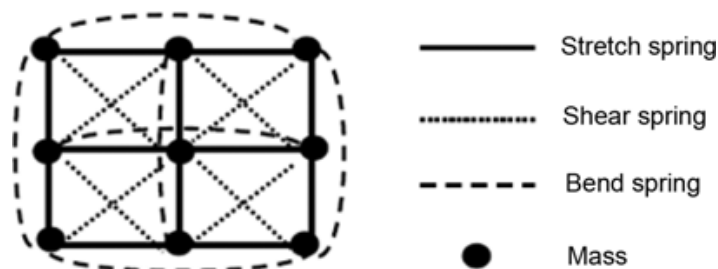


Figura 70- Struttura del sistema a masse e molle (Fonte: Mozafary et al. 2016)

Le informazioni sulle costanti elastiche delle molle vengono ricavate da uno dei due metodi esaminati in precedenza, il metodo Kawabata KES o il metodo FAST. Ogni programma di simulazione 3D ha un suo algoritmo di traduzione dei grafici risultanti da questi esperimenti nelle informazioni elastiche necessarie al calcolo. Inoltre, attraverso questi programmi si può osservare il fenomeno dell'isteresi dei tessuti, fenomeno che non si riesce a percepire molto nella vita reale ma che è ben visibile nelle simulazioni, in quanto il tessuto, prima di stabilizzarsi, passa attraverso successive deformazioni e recuperi.

Le forze esterne non sono sempre univocamente definite, ma dipendono dal tipo di ambiente in cui viene posto il modello. Una forza sempre presente è la **forza di gravità**, calcolata come $F = mg$, ma altri tipi di forze possono essere applicate, come la **forza di attrito viscoso**, dovuta all'interazione con l'aria o alla presenza di vento (utile soprattutto nel caso di simulazioni dinamiche) (fig. 71).



Figura 71- Interazione del capo con il vento (Fonte: Volino et al. 2005)

Quest'ultima componente di forza dipende dalla velocità delle singole particelle (che deve essere quindi calcolata per poter risolvere l'equazione risolutiva), da un coefficiente di attrito, dalla velocità del fluido e dal tipo di fluido stesso, ed è pari a:

$$F_{vis}(P_{i,j}) = C_{vis} [n_{i,j} \cdot (u_{fluid} - v_{i,j})] n_{i,j}$$

dove C_{vis} è proprio il coefficiente di attrito che dipende dal tipo di fluido all'interno del quale si sta muovendo il pezzo di tessuto.

Calcolate tutte le informazioni che servono sul campo di forze a cui è sottoposto il materiale, l'equazione di Newton può essere facilmente risolta utilizzando un qualsiasi metodo numerico; i metodi espliciti di integrazione sono generalmente più semplici e accurati per risolvere un tipo di equazione differenziale come quello in esame. Tra i metodi espliciti più utilizzati c'è il metodo di Runge-Kutta di quarto o quinto ordine.

Tuttavia, i metodi espliciti, seppure più semplici, possono portare a problemi di instabilità, per cui vengono molto utilizzati anche metodi impliciti come quello di Eulero, che non usa la derivata delle grandezze ad ogni step, ma utilizza una previsione di questa per lo step successivo.

Oltre a calcolare per ogni istante di tempo la posizione delle singole particelle della mesh, bisogna tenere conto anche della collisione che il tessuto subisce, con il manichino sottostante (o qualsiasi altro solido su cui si poggia) e con altro tessuto, sia che si tratti di un capo sovrapposto (per esempio un pantalone e una maglietta montati sullo stesso manichino) sia di parti piegate [44]. Il problema della collisione è generalmente diviso nell'**individuazione della collisione** e nella **risposta alla collisione**

(correzione). Riuscire a riconoscere le collisioni è un'operazione che richiede molto tempo e potenza di calcolo e viene svolta in genere in maniera separata dal calcolo della traiettoria che avviene per ogni istante di tempo; l'individuazione delle collisioni può venire svolta da algoritmi che ragionano a volumi finiti, che promettono grandi velocità di calcolo per ogni step in modo da riuscire a correggere la posizione dei punti in maniera molto veloce.

La risposta alle collisioni viene invece effettuata mediante un remesh, una modifica delle posizioni dei punti della mesh, della loro velocità e della loro accelerazione. Generalmente per ogni istante di tempo viene calcolata la posizione del punto attraverso uno dei metodi di calcolo scelto, poi viene effettuato il calcolo delle collisioni e in base a questo si generano delle nuove forze che vanno applicate sul punto, andandone ad aggiornare nuovamente la posizione.

Quanto detto finora vale per l'analisi del solo drappeggio, che rappresenta il comportamento statico di un tessuto. Tuttavia, sempre più programmi permettono di effettuare simulazioni dinamiche, per esempio una simulazione di sfilata, oppure svolgono un'animazione per il passaggio tra una posizione del manichino e un'altra. In questi casi nuove ed ulteriori variabili devono essere aggiunte al calcolo, che va a complicarsi ulteriormente; è necessario un remesh molto veloce dei tessuti e un'elevata potenza di calcolo [45].

Terminata la simulazione del tessuto, si può dichiarare conclusa l'intera simulazione del capo e si può quindi procedere con la sessione di fitting virtuale per controllare la vestibilità del capo "prodotto". Tutti i programmi permettono la personalizzazione del tessuto, in modo da avvicinarlo quanto più possibile al tessuto reale, dunque è possibile modificare il colore, oppure inserire delle immagini o creare una trama particolare inserendo l'immagine dell'unità fondamentale che viene poi ripetuta. Nei programmi più moderni è possibile definire anche una texture per i tessuti, cosa che aiuta a rendere ancora più reale il tessuto simulato; semplicemente, oltre all'immagine del tessuto viene sovrapposta una *Normal Map* che serve a creare l'illusione del tessuto tridimensionale (fig. 72).

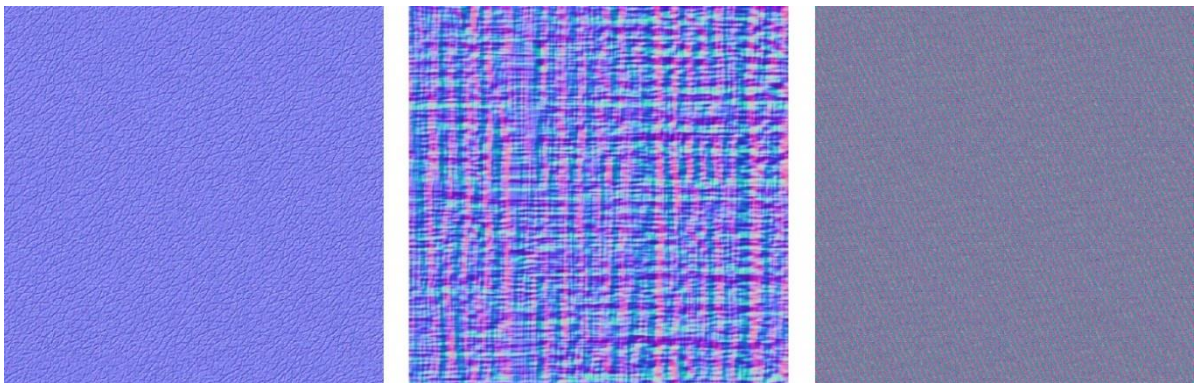


Figura 72- Esempi di Normal Map: da sinistra pelle, bouclé, denim (Fonte: CLO 3D)

5 CASO PATTERN E CONFRONTO 3D

Questo lavoro di tesi è stato sviluppato in seguito ad un tirocinio svolto presso l'azienda torinese Pattern srl, fornitore intermedio del settore moda, che si occupa dell'ingegnerizzazione e dell'industrializzazione dei capi dall'arrivo dello sketch del fashion designer fino al prodotto finito pronto per il mercato.

Da qualche anno, grazie anche alla collaborazione con il Politecnico di Torino, Pattern ha deciso di investire nella simulazione virtuale dei capi, occupandosi della formazione sia di chi già si occupa all'interno dell'azienda delle operazioni di pattern making, sia formando delle nuove persone. La diffusione di queste tecnologie all'interno della realtà industriale come si è visto è ancora molto lenta e un passaggio radicale a questo tipo di tecnologia non è al momento possibile, tuttavia Pattern si impegna insieme ai suoi clienti maggiori a cercare un modo di integrare questa nuova tecnologia all'interno del normale processo di produzione.

Attualmente il CAD 3D non è utilizzato in Pattern a livello produttivo ma, attraverso l'instaurarsi di un dialogo con il reparto 3D del suo cliente principale, Pattern sta utilizzando la prototipazione virtuale parallelamente al processo classico; in seguito alla creazione dei pattern vengono creati sia il modello fisico che quello 3D, che viene immediatamente mandato al cliente per la revisione. Già in questa fase è possibile per il cliente rendersi conto di come il capo sta prendendo forma, e di dare così le prime indicazioni, senza dover aspettare l'effettiva produzione di tutto il capo fisico. Anche se non sfrutta appieno le potenzialità di questi programmi, questo modo parallelo di procedere permette già poche ore dopo la creazione dei primi pattern, di fornire al cliente un'idea della realizzazione degli stessi, snellendo le prime fasi del processo.

Durante il tirocinio sono stati costruiti un totale di tre modelli utilizzando principalmente il software Lectra Modaris 3D Fit [9] (essendo Pattern utilizzatrice del pacchetto CAD e PLM Lectra) e una versione di prova del software CLO 3D [46].

C'è stata una sostanziale differenza di approccio verso i due programmi in quanto per Lectra c'è stata una vera e propria formazione certificata, mentre l'uso di CLO è avvenuto da autodidatta, avvalendosi delle preziose guide online e dei tutorial, offerti gratuitamente dal software stesso.

I due programmi sono molto diversi tra loro e sono rivolti a scopi diversi: da un lato Modaris 3D Fit sembra meno performante di CLO, ma è molto ben integrato con tutti gli altri programmi Lectra, dunque volto effettivamente alla produzione. CLO è invece molto performante dal punto di vista della resa grafica, ma è un programma a sé stante, dunque non tanto legato alla produzione quanto all'aspetto di visualizzazione della prototipazione 3D.

Tuttavia, sebbene diversi, il funzionamento dei due programmi è pressoché il medesimo, e si può sintetizzare nei seguenti passaggi:

- Simmetrizzazione del modello;
- Cucitura;
- Scelta dei punti di collegamento;
- Simulazione;
- Scelta del tessuto;
- Drappeggio;
- Personalizzazione e modifiche.

Nei prossimi paragrafi questi passaggi verranno discussi approfonditamente con riferimento ai due programmi, e alla fine verrà fornita un'analisi del confronto tra i due risultati di simulazione.

5.1 LECTRA MODARIS® 3D FIT

Il programma di prototipazione virtuale 3D di Lectra è uno dei primi ad essere stato sviluppato. Lectra è un'azienda francese leader del settore di produzione con tessuti molli, dunque produce software non solo per il settore moda ma per tutti i settori che utilizzano tessuti, compreso il settore automotive e dell'arredamento. Focalizzandosi sul settore del fashion, Lectra fornisce ai suoi clienti un'ampia varietà di programmi, in grado di seguire tutto il processo di ingegnerizzazione del capo e della sua produzione; Pattern utilizza sia la piattaforma PLM che i pacchetti CAD e i software CAD/CAM utilizzati nella sala taglio.

Il software 3D si chiama Modaris 3D Fit e necessita il supporto di un CAD 2D, su cui vengono effettuate le operazioni di cucitura. Il CAD 2D utilizzato in Pattern è PGS, CAD non nativo Lectra ma integrato perfettamente con i successivi passaggi 3D.

Come scritto in precedenza, il primo passaggio del processo di simulazione 3D è la simmetrizzazione del pezzo; questo passaggio è necessario in quanto la maggior parte dei capi di abbigliamento è composto da alcuni pezzi che sono simmetrici rispetto al piano sagittale del corpo, dunque nei modelli 2D si trova soltanto un pattern e nella distinta base l'indicazione della quantità e della simmetria rispetto al piano scelto (fig. 73). Tuttavia, per costruire il modello nel 3D c'è bisogno di tutti i pezzi del capo (si parla sempre del tessuto esterno, mentre si eliminano tutti gli strati di tessuto che non si riesce a simulare, come le fodere), dunque quando si apre il modello si aprono anche i pezzi simmetrizzati.

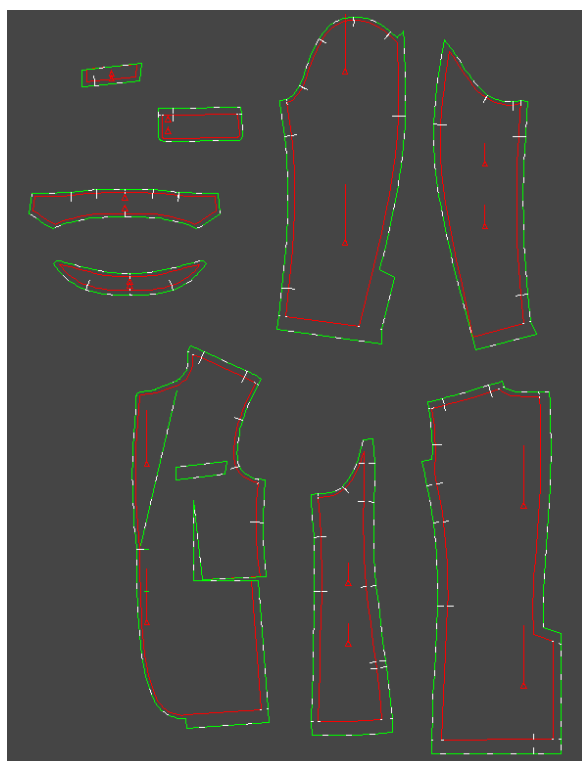


Figura 73- Modello di una giacca con una sola delle due parti del tronco e delle maniche. In verde è indicato l'offset di cucitura

Inoltre, l'operazione di cucitura virtuale viene effettuata con i pattern privati dell'offset, in quanto i diversi pattern con la cucitura vengono semplicemente avvicinati l'uno all'altro unendo i rispettivi bordi (fig. 74).

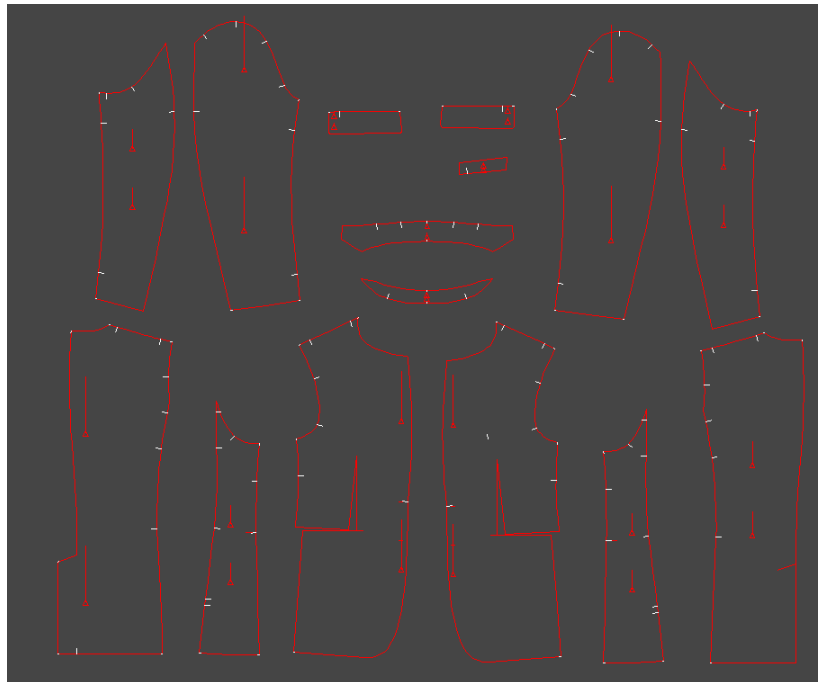


Figura 74- Modello della giacca completo di tutti i pezzi

Con il modello completo di tutte le sue parti, viene effettuata l'operazione di cucitura; questa operazione prevede la selezione, attraverso un particolare strumento, dei bordi che devono essere cuciti insieme dei diversi pattern. Nel programma esistono tre diversi tipi di cucitura:

- Cucitura normale: indica la normale cucitura tra due pezzi;
- Cucitura fissa: non rappresenta una vera e propria cucitura, ma indica che i due segmenti selezionati devono essere sovrapposti l'uno all'altro e che i pattern rimarranno uniti in luogo della sovrapposizione;
- Cucitura rilasciata: come quella fissa non rappresenta una vera e propria cucitura, ma indica la sovrapposizione di un pattern all'altro con possibilità di movimento.

Durante l'operazione di cucitura non solo si effettuano le normali cuciture tra i pezzi, ma anche quelle "speciali" come le asole o le pieghe (fig. 75).

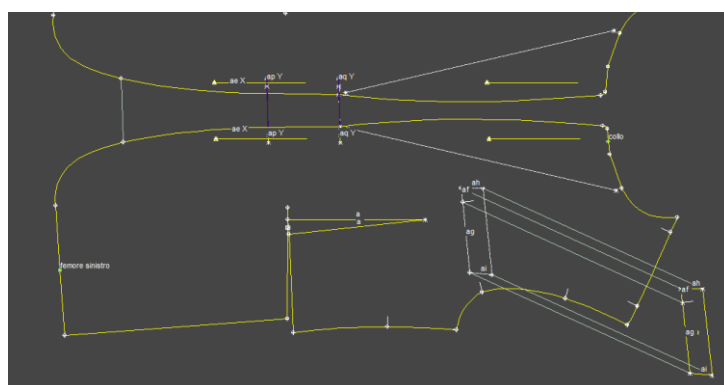


Figura 75- Cucitura fissa (Y) che simula l'abbottonatura della giacca, e rilasciata (X) che simula la sovrapposizione tra i due lembi

Conclusa l'operazione di cucitura il modello è sostanzialmente pronto per essere simulato, non prima però di aver definito i punti di infilamento. Questi sono già definiti sul manichino virtuale e fungono da collegamento tra i pattern bidimensionali e il manichino stesso (fig. 76). Su Modaris i punti di collegamento sono:

- Testa;
- Collo;
- Ascella destra e sinistra;
- Braccio destro e sinistro;
- Polso destro e sinistro;
- Vita;
- Bacino;
- Femore destro e sinistro;
- Ginocchio destro e sinistro;
- Caviglia destra e sinistra.

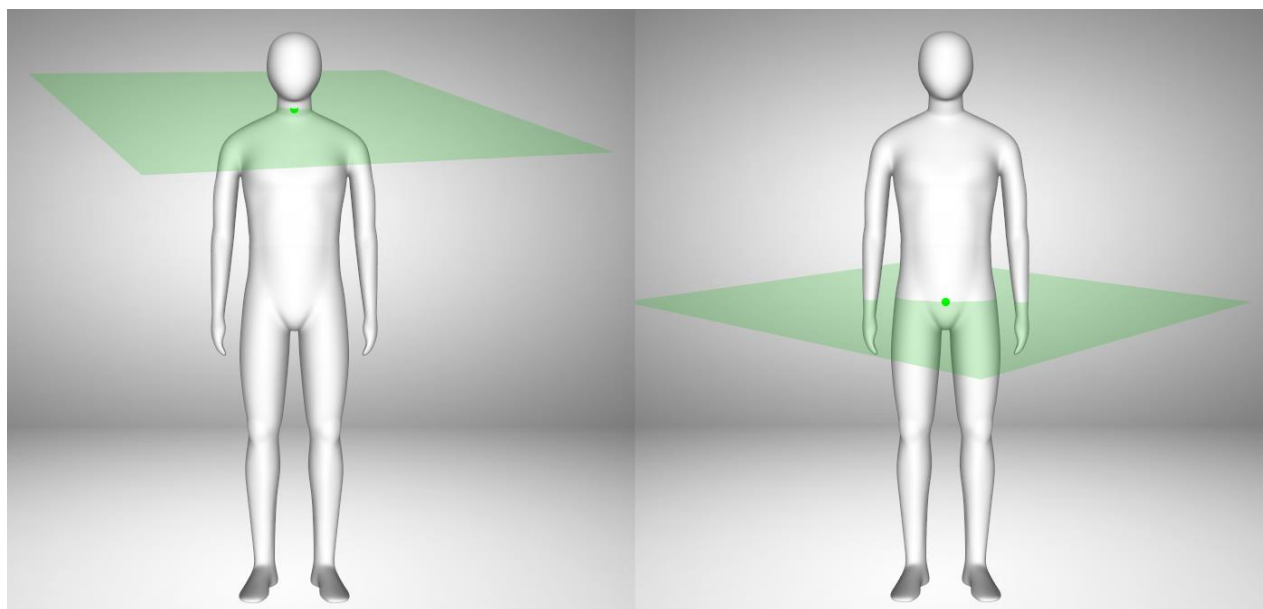


Figura 76- Esempio punti di collegamento: collo (sinistra), bacino (destra)

Se non vengono definiti i punti di collegamento la simulazione non ha neanche modo di partire, in quanto non si è vincolato in alcun modo il capo; per ogni capo bisogna sempre rispettare il numero di punti richiesto, che è di 5 per i capispalla e 3 per i capi inferiori. Prima di iniziare la simulazione bisogna anche specificare i layer; quando il capo è particolarmente complicato si può “dividere” la simulazione aumentando il numero di layer di alcuni componenti, come colletti o tasche, che verranno simulati in un secondo momento dopo aver simulato la parte principale del capo. Una volta effettuate tutte le cuciture, definite le pieghe e le altre caratteristiche e individuati i punti di collegamento, si può passare al programma 3D (fig. 77).

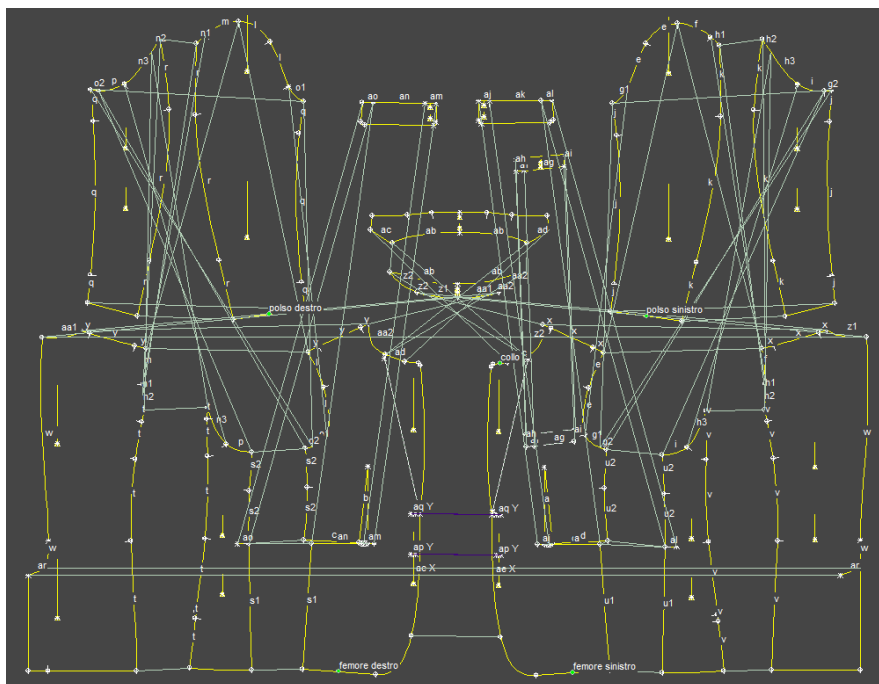


Figura 77- Piano di cucitura completo

Come detto prima, il 3D di Lectra funziona con due programmi distinti, uno per il 2D e uno per il 3D. Nel software 3D si sceglie prima di tutto il manichino su cui si vuole montare il capo, scegliendolo da una libreria già fornita dal programma e implementabile dall'utente. In seguito, si procede con la simulazione: il capo viene cucito e indossato sul manichino (generalmente sono richiesti dei piccoli aggiustamenti per migliorare la posizione del capo) (fig. 78). Il tessuto da applicare viene scelto da un'ampia libreria di tessuti ampliabile dall'utente, composta da un database di Lectra e dai due libri "The swatch book". La scelta del tessuto è molto importante per valutare al meglio la successiva operazione di drappeggio. C'è anche la possibilità di utilizzare più di un tessuto per un singolo capo, di modificare le caratteristiche di un tessuto creandone uno nuovo, oppure di modificare la rigidità di un tessuto stesso.

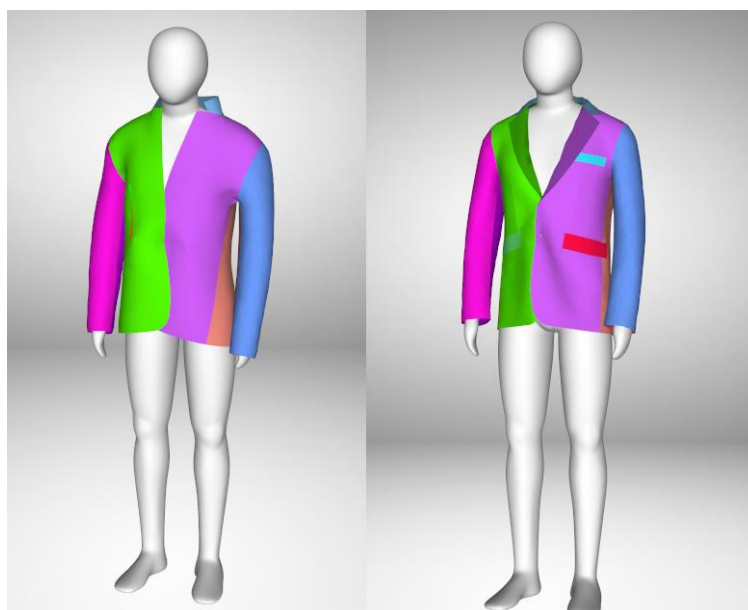


Figura 78- Capo prima e dopo il drappeggio

La simulazione viene svolta in automatico dal programma, tuttavia è anche possibile mostrare il preposizionamento dei pattern attorno al manichino così come discusso nel paragrafo 4.2.2 (fig. 79).

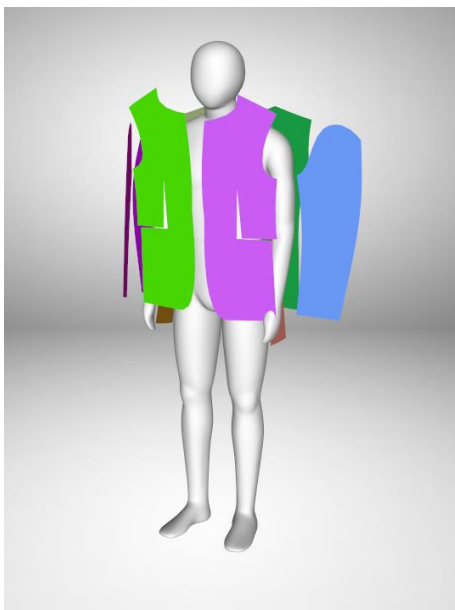


Figura 79- Preposizionamento dei vari pattern attorno al manichino

Dopo aver inserito il tessuto è possibile proseguire con l'operazione di drappaggio; prima di questa si può notare come il capo sia piuttosto gonfio attorno al manichino, mentre, non appena si definisce il tessuto di cui è composto, il capo "cade" e veste come dovrebbe.

Terminata la parte di vestizione, si può poi procedere con una serie di modifiche, per esempio si possono cambiare i colori del tessuto, inserire delle stampe (di cui è possibile modificare forma e posizione) o dei pattern particolari; ogni modifica verrà visualizzata sia sul modello 3D sia sul tavolo bidimensionale (figg. 80 e 81).



Figura 80- Esempio di cambio colore o di inserimento di una trama



Figura 81- Esempio di posizionamento di una stampa con relativo posizionamento sui due pattern del centro dietro

Per rendere il capo più vicino ad un capo reale si possono anche aggiungere degli accessori, come l'effetto della cucitura, bottoni o zip, elementi che vengono tutti trattati come delle immagini e vengono sovrapposte dove indicato dall'utente.

Molto utile per controllare il fit del capo è una mappa colorata che indica con i colori caldi le parti del capo che subiscono una forte deformazione, e con quelli freddi le parti che si deformano meno (fig. 82). Questo strumento è molto utile perché il capo riesce ad essere vestito dal manichino anche se troppo piccolo, dunque attraverso la mappa colorata ci si può rendere conto dell'effettiva vestibilità.

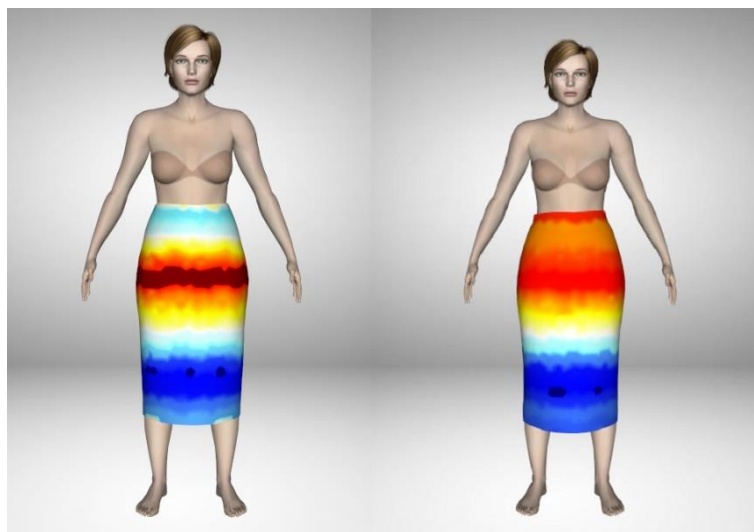


Figura 82- Visualizzazione dell'agio prima e dopo le modifiche per stringere la gonna

Infine, per effettuare delle modifiche sul modello ci sono diversi modi, che però ruotano tutti attorno alla sincronizzazione tra il programma 2D e quello 3D. Difatti, se si vuole per esempio accorciare l'orlo di un capo, possiamo sul 3D posizionare un'indicazione per l'altezza dove si vuole il nuovo orlo, questa verrà indicata anche sul programma 2D dove si potrà procedere con la modifica accurata del modello; se si ritorna poi sull'interfaccia 3D si vedrà il capo già modificato.

O ancora, senza intervenire direttamente sul modello, si può indicare sul modello 3D un piano con cui si va a tagliare il modello e procedere con una simulazione stessa del taglio, più o meno come veniva fatto nel paragrafo 4.2.3 (fig. 83).

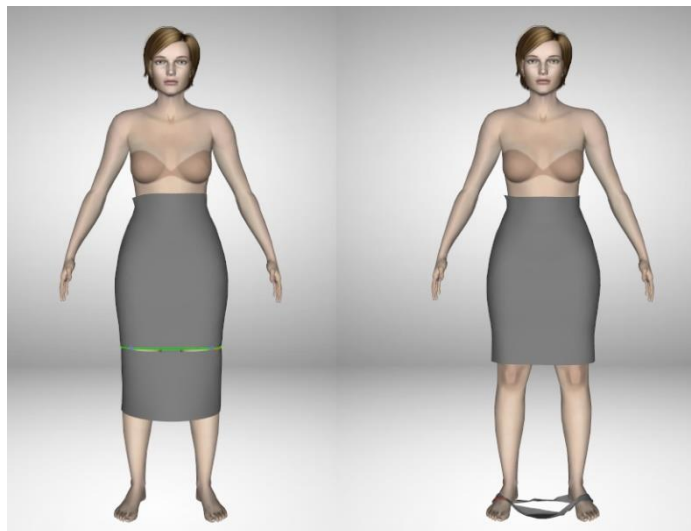


Figura 83- Sinistra: indicazione del piano di taglio. Destra: gonna tagliata in seguito alla simulazione di drappaggio

Il lavoro svolto con Lectra durante il tirocinio si è focalizzato anche sulla modifica dei manichini. I manichini presenti nella libreria di Lectra sono parametrizzabili, nel senso che è possibile modificare le loro misure per adattarli alla taglia che si desidera oppure per poter simulare un capo su misura inserendo le misure del cliente. Le modifiche vengono fatte intervenendo su dei parametri già stabiliti, che rappresentano le misure di quelle feature curves di cui si era parlato nel capitolo precedente. Le misure delle feature curves sono collegate tra di loro, per evitare che, modificandole, si perdano le naturali proporzioni del corpo umano (figg. 84, 85, 86).

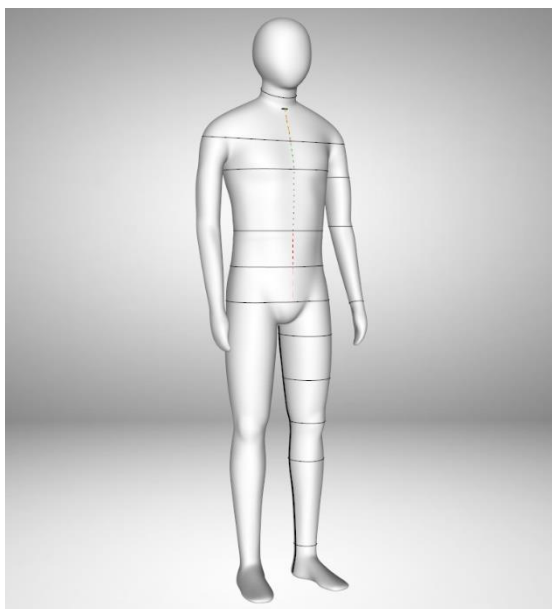


Figura 84- Manichino con feature curves



Figura 85- Manichini Lectra parametrizzabili adulto

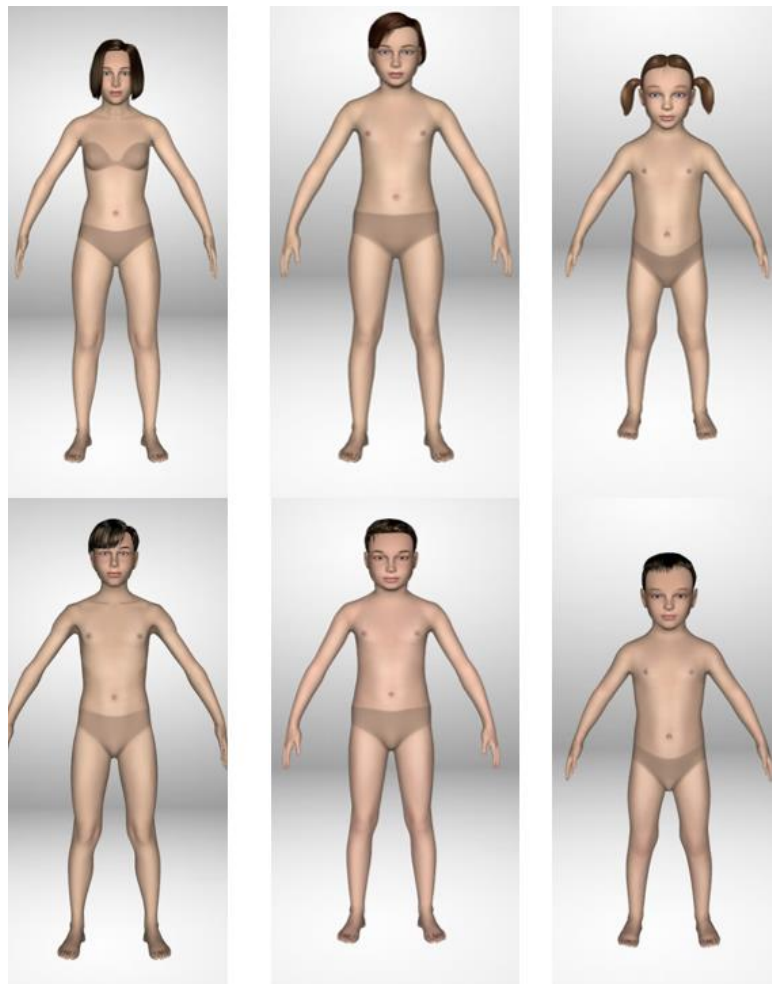


Figura 86- Manichini parametrizzabili Lectra per bambino e bambina di 12, 8 e 4 anni

5.2 CLO 3D

CLO 3D, sviluppato dalla CLO Virtual Fashion, è il software più innovativo del mercato per la prototipazione virtuale nell'ambito Fashion. Esso infatti è ad oggi l'unico programma a fornire una

simulazione realistica dei tessuti nonché l'unico su cui sia possibile costruire il capo completo di tutti i suoi livelli di tessuto, questo grazie a un potente calcolo delle collisioni. CLO è un programma che, a differenza di programmi di altri competitors come Lectra e Assyst, funziona con un'unica piattaforma, su cui è possibile sia effettuare i disegni dei pattern 2D, sia simulare il capo virtuale. Esso funziona inoltre egregiamente dal punto di vista dell'interfaccia con altri programmi, poiché permette l'importazione e l'esportazione in diversi formati di file. Poiché i pattern 2D erano già stati modellati su PGS è stato sufficiente importare i file DXF su CLO.

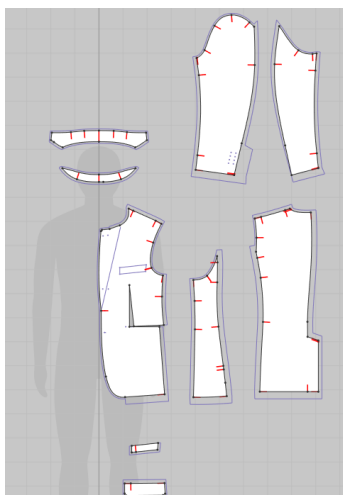


Figura 87- Modelli non simmetrizzati

La prima operazione, come nel caso di Lectra, è quella di simmetrizzare i capi (fig. 87); grazie ad un'opzione del programma, è possibile modificare in qualsiasi modo uno dei pezzi simmetrizzati e si avrà la stessa modifica anche sul suo simmetrico. Questo vale anche per le cuciture, cosa che permette un notevole risparmio di tempo.

In seguito, si procede con le cuciture, che avvengono quasi nello stesso modo del software Lectra. A questo punto i due programmi si dividono leggermente, in quanto in CLO si sceglie in questa fase l'avatar e si definiscono i punti di collegamento: questi non vengono definiti sui pattern 2D in quanto sul manichino sono presenti molti più punti rispetto ad un manichino Lectra (fig. 88).

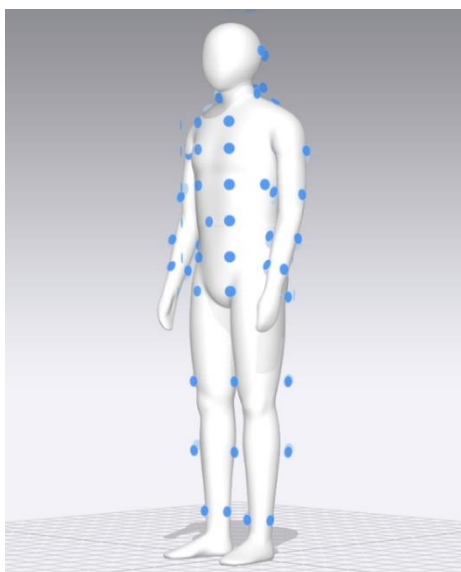


Figura 88- Manichino con i suoi tanti punti di collegamento per i pattern 2D

Nella finestra del 3D vengono visualizzati i pattern bidimensionali, che devono essere avvicinati dall'utente vicino al manichino e fissati dove si vuole: con questa operazione verrà anche imposta una prima curvatura ai pattern (fig. 89).



Figura 89- Preposizionamento attorno al manichino

Si può poi procedere con la simulazione e con il drappeggio, che avviene sostanzialmente allo stesso modo del software Lectra.

La scelta dei tessuti è più ampia rispetto a quella di Lectra, in quanto nei file di sistema di CLO sono presenti svariate cartelle con esempi di tessuti, tutti modificabili. La vera novità rispetto a Lectra è che, per ogni tessuto, è presente anche una Normal Map che serve a rendere l'effetto 3D del tessuto stesso, rendendolo così veramente realistico (fig. 90).

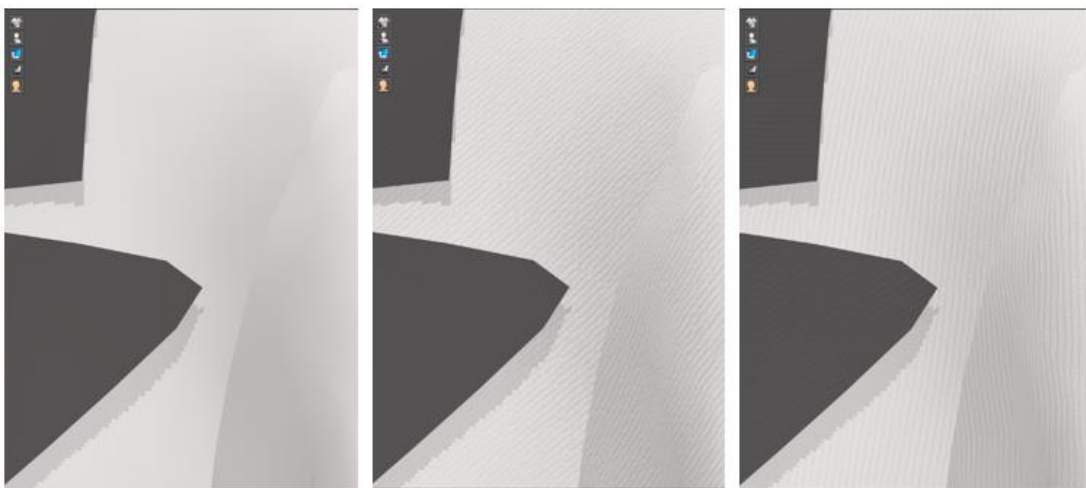


Figura 90- Capo senza Normal Map, con NM Lana e con NM Velluto a Coste

5.3 CONFRONTO E CONSIDERAZIONI

I due software sono stati utilizzati allo stesso modo per la creazione di tre modelli; dai modelli 2D creati sul CAD PGS, sono stati creati i piani di cucitura e sono state effettuate le simulazioni, che si vanno di seguito a confrontare (figg. 91, 92, 93):

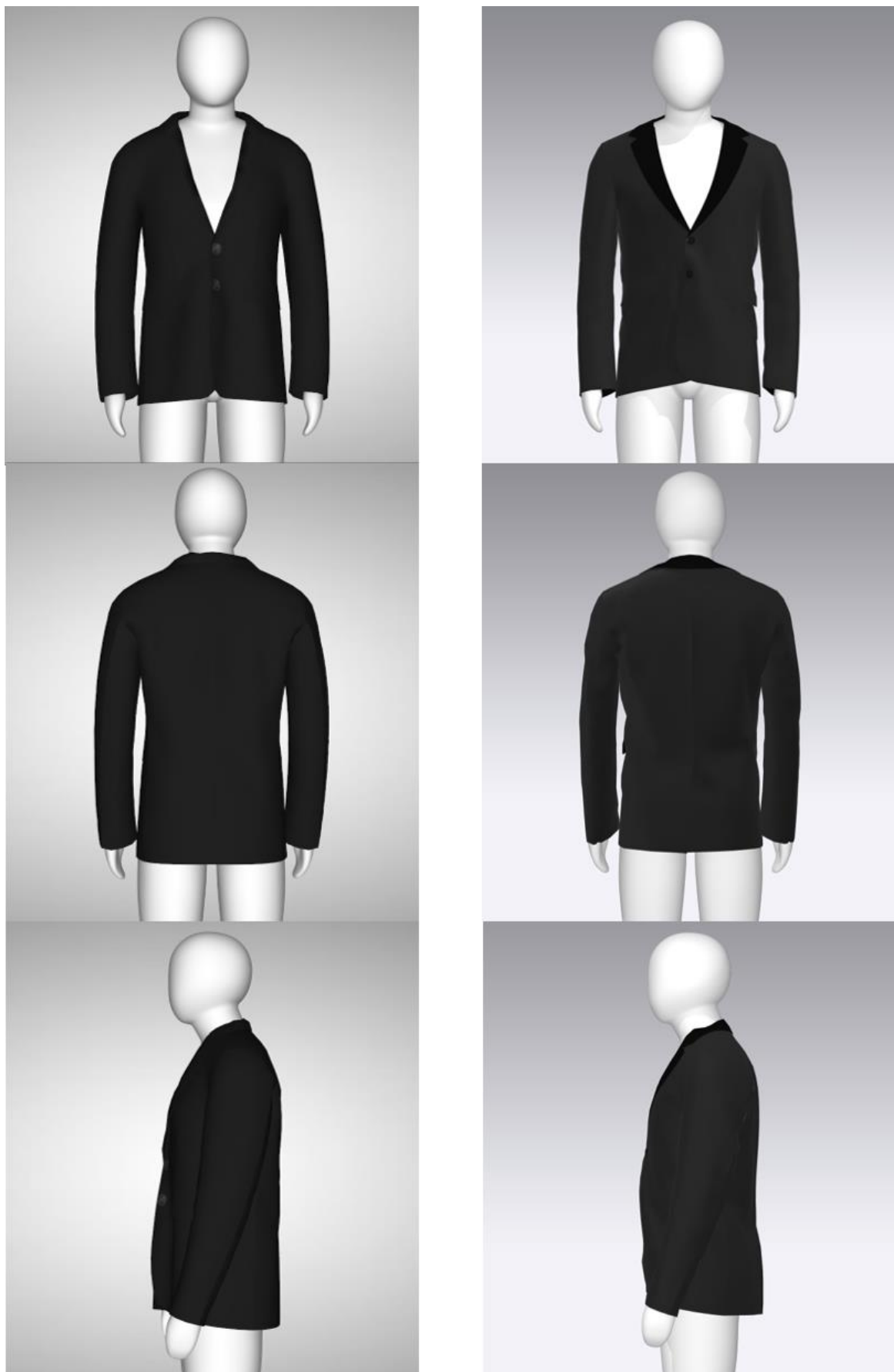


Figura 91- Confronto tra Lectra (sinistra) e CLO (destra) di una giacca da uomo



Figura 92- Confronto tra Lectra (sinistra) e CLO (destra) di un cappotto da uomo



Figura 93- Confronto tra Lectra (sinistra) e CLO (destra) di un giubbotto da uomo

Analizzando l'utilizzo di entrambi i software e i risultati ottenuti, è stato possibile indicare dei punti principali di separazione tra i due software:

- **Usabilità:** Sebbene entrambi i programmi siano molto semplici da utilizzare, il software CLO risulta molto più alla portata di tutti, poiché non richiede l'utilizzo di altri programmi a monte, permette una facile condivisione dei file e fornisce gratuitamente dell'utile materiale di guida;
- **Accessori e Feature:** il software di Lectra tratta gli accessori, come bottoni e zip, come delle semplici immagini da sovrapporre al capo, mentre CLO genera dei solidi 3D che risultano molto più reali e piacevoli da vedere;
- **Tessuti:** nonostante le simulazioni siano state fatte inserendo gli stessi parametri richiesti per i tessuti, è ben evidente come raramente i tessuti sembrino gli stessi. L'apice di queste differenze si raggiunge nella simulazione del giubbotto, dove è stato utilizzato un tessuto tecnico: Modaris non riesce a drappeggiare bene il tessuto, che rimane gonfio. Chiaramente ad aggravare la differenza c'è anche la possibilità di CLO di simulare la texture del tessuto;
- **Stabilità di utilizzo:** durante il tirocinio sono stati riscontrati molti problemi con il software 3D di Lectra, soprattutto a causa della cattiva interazione con il CAD 2D di riferimento PGS. Per buona parte del periodo di lavoro non è stato possibile utilizzare il programma a dovere, mentre nessun problema è stato riscontrato con l'utilizzo di CLO (si ricorda però che non ne è stato fatto un uso così intensivo).

Come ribadito più volte nell'arco di questo capitolo, i due software sono molto diversi poiché diverso è il campo di applicazione per cui sono stati sviluppati; l'obiettivo futuro sarebbe riuscire a creare un software che riesca ad unire i punti di forza dei due considerati, che possa quindi essere ben integrato con il processo produttivo, ma che riesca allo stesso tempo ad interfacciarsi con altri programmi grazie alla possibilità di importare ed esportare in molti formati i file e che, soprattutto, sia capace di svolgere delle simulazioni quanto più reali possibile, al fine di riuscire a sfruttare al meglio le potenzialità della prototipazione virtuale 3D.

CONCLUSIONI

A termine di questo lavoro di tesi, si riassumono i principali argomenti trattati, cercando alla fine di fornire uno spunto per dei lavori futuri.

All'inizio di questo lavoro si è analizzata la struttura attuale dell'industria dell'abbigliamento, studiandone il processo produttivo e mettendo in mostra i suoi punti deboli. Le maggiori difficoltà affrontate dall'industria della moda oggi sono dovute ai tempi sempre più ristretti richiesti per lo sviluppo prodotto, tempi che non rispecchiano assolutamente le reali necessità delle aziende coinvolte. A questo si aggiunge l'aumento delle collezioni prodotte durante l'anno e il fatto che la Supply Chain a base del prodotto moda sia formata da molteplici aziende e laboratori, spesso sparsi per il mondo.

Il vero problema dell'intero processo produttivo è stato individuato nell'operazione di sviluppo del capo, ovvero nell'interpretazione dello sketch dello stilista per creare i pattern che vanno a formare il capo reale. Essendo il reparto artistico e il reparto tecnico separati tra di loro a causa di un'impostazione sequenziale della catena produttiva, l'operazione di creazione del capo risulta molto soggettiva e legata all'esperienza dei pattern maker. Questo vuol dire che il primo capo creato non rispetta necessariamente l'idea iniziale del dipartimento artistico e dunque risulta necessaria un'iterazione continua tra questo e i pattern maker per giungere alla giusta definizione del capo.

Dopo aver analizzato le principali problematiche del settore, si sono descritti gli strumenti attualmente in uso a livello CAD 2D e PLM. Il CAD 2D è stato introdotto nelle aziende di moda solo da qualche decina d'anni, a causa della profonda avversità di questo tipo di industria nei confronti della tecnologia, tuttavia ha trovato la sua applicazione per le operazioni di disegno, sviluppo taglie e piazzamento. Per quanto riguarda il PLM invece, si tratta di una strategia aziendale sviluppatasi negli ultimi anni per migliorare la condivisione e la collaborazione sia all'interno di una singola azienda sia all'esterno, nel rapporto con altre aziende e altri mercati. L'utilizzo del PLM viene fortemente consigliato in tutti i settori industriali e, a maggior ragione, nell'industria del fashion, che gestisce quotidianamente centinaia di informazioni e dati diversi, provenienti da tutti i partecipanti della Supply Chain come laboratori tessuti, di stampa e coloreria, di confezione, ecc.

In seguito, è stato trattato l'argomento della prototipazione 3D del capo che, ad oggi, si propone come probabile soluzione alla rischiosa situazione dell'industria dell'abbigliamento. Ne è stata studiata la struttura a livello di software, per individuare le maggiori problematiche che ne hanno comportato uno sviluppo così lento rispetto ad altri tipi di simulazione utilizzati in ambito industriale: il vero scoglio di questo tipo di tecnologia è dovuto alla natura dei tessuti, soggetti a grandi deformazioni quando vengono confezionati e avvolti su un corpo, e costituiti da una struttura disomogenea e anisotropa. È tutt'oggi molto complicato riuscire a simulare il corretto comportamento dei tessuti, tenuto conto delle loro caratteristiche meccaniche, e risulta molto complicata anche l'individuazione e la correzione delle collisioni durante la simulazione.

Infine, un confronto tra due diversi software di prototipazione 3D è stato fornito, analizzando le caratteristiche di funzionamento di ognuno e i differenti risultati di simulazione.

Analizzando tutto il percorso fatto, delle considerazioni sono d'obbligo: si è visto come attualmente l'industria della moda stia attraversando una crisi profonda che la porterà, a meno di cambiamenti repentini, a perdere nei prossimi anni sia in prestigio che a livello economico. Nell'era della tecnologia, le soluzioni proposte non possono che rispecchiare la strada che tutti gli altri tipi di industria hanno

intrapreso, ovvero quello delle simulazioni virtuali dei processi. Soltanto abbracciando questo nuovo paradigma tecnologico si riuscirà ad affrontare al meglio le numerose sfide che l'industria della moda è costretta ad affrontare ogni giorno, con collezioni sempre più vicine l'una all'altra, la necessità di mantenere alti standard di qualità e, ovviamente, la speranza di non andare in perdita.

La direzione che l'industria dell'abbigliamento deve intraprendere è necessariamente quella tecnologica, capace di ridurre i tempi, aumentare l'efficacia decisionale e ridurre i costi: in poche parole, l'industria della moda deve abbandonare la sua paura per la tecnologia e affidarsi ad essa.

D'altro canto, un passaggio repentino non è auspicabile, a causa delle difficoltà insite delle simulazioni stesse: sicuramente la ricerca a livello software deve spingersi ancora oltre, verso delle simulazioni che riescano a reggere il confronto con il capo reale e che riescano ad essere allo stesso tempo semplici da utilizzare.

Al momento, dunque, la strada della collaborazione tra strumenti attuali e tecnologie 3D sembra la più giusta, una strada che sappia attingere ai punti di forza di entrambe le tecnologie e che riesca a rendere il processo di sviluppo e produzione sempre più efficiente e snello.

BIBLIOGRAFIA

- [1] E. D'Avolio, R. Bandinelli e R. Rinaldi, «Improving new product development in the fashion industry through product lifecycle management: a descriptive analysis,» *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, vol. 8, n. 2, pp. 108-121, 2015.
- [2] F. Segonds, F. Mantelet, N. Maranzana e S. Gaillard, «Early stages of apparel design: how to define collaborative needs for PLM and fashion?,» *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, vol. 7, n. 2, pp. 105-114, 2014.
- [3] R. Bandinelli, R. Rinaldi, M. Rossi e S. Terzi, «New Product Development in the Fashion Industry: an Empirical Investigation of Italian Firms,» *International Journal of Engineering Business Management*, vol. 5, n. Special Issue on Innovation in Fashion Industry, 2013.
- [4] R. Ciarniene e M. Vienazindiene, «Management of contemporary fashion industry: characteristics and challenges,» in *19th International Scientific Conference*, 2014.
- [5] «Patter Torino,» [Online]. Available: <http://www.pattern.it/>.
- [6] E. Vezzetti, M. Alemanni e J. Macheda, «Supporting product development in the textile industry through the use of a product lifecycle management approach: a preliminary set of guidelines,» *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 79, n. 9-12, pp. 1493-1504, 2015.
- [7] E. Chirone e S. Tornincasa, *Il Disegno Tecnico Industriale 2, il capitolo*, 2014.
- [8] S. D'Amico, L. Giustiniano, M. E. Nenni e L. Pirolo, «Product Lifecycle Management as a Tool to Create Value in the Fashion System,» *International Journal of Engineering Business Management*, vol. 5, n. Special Issue on Innovation in Fashion Industry, 2013.
- [9] «Lectra,» [Online]. Available: <https://www.lectra.com/it>.
- [10] S. Cairati, «Linkedin,» 27 Gennaio 2016. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/taglia-drop-e-statura-sergio-cairati/>.
- [11] E. Ko e S. Kim, «Garment Pattern Nesting Using Image Analysis and Three-Dimensional Simulation,» *Fibers and Polymers*, vol. 14, n. 5, pp. 860-865, 2013.
- [12] E. Papahristou e N. Bilalis, «Can 3D Virtual Prototype Conquer the Apparel Industry?,» *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*, vol. 4, n. 1, 2016.
- [13] E. Papahristou e N. Bilalis, «3D Virtual Prototyping Traces New Avenues for Fashion Design and Product Development: a Qualitative Study,» *Journal of Textile Science & Engineering*, vol. 7, n. 2, 2017.
- [14] E. Papahristou e N. Bilalis, «Integrated Digital Prototyping in the Fashion Product Development,» *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, vol. 3, n. 1, 2017.

- [15] A. Porterfield e T. A. M. Lamar, «Examining the effectiveness of virtual fitting with 3D garment simulation,» *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, vol. 10, n. 3, pp. 320-330, 2017.
- [16] E. Lee e H. Park, «3D Virtual fit simulation technology: strengths and areas of improvement for increased industry adoption,» *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, vol. 10, n. 1, pp. 59-70, 2017.
- [17] F. Baytar e S. Ashdown, «An Exploratory Study of Interaction Patterns around the Use of Virtual Apparel Design and Try-on Technology,» *Fashion Practice*, vol. 7, n. 1, pp. 31-52, 2015.
- [18] A. S. M. Sayem, R. Kennon, Clarke e Nick, «3D CAD systems for the clothing industry,» *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, vol. 3, n. 2, pp. 45-53, 2010.
- [19] «Gerber Technology,» [Online]. Available: <https://www.gerberotechnology.com/>.
- [20] «Human Solution Assyst,» [Online]. Available: <https://www.human-solutions.com>.
- [21] C. C. L. Wang, «CAD Tools in Fashion/Garment Design,» *Computer-Aided Design and Application*, vol. 1, n. 1-4, pp. 53-62, 2004.
- [22] C. C. L. Wang, T. K. K. Chang e M. M. F. Yuen, «From laser-scanned data to feature human model: a system based on fuzzy logic concept,» *Computer-Aided Design*, vol. 35, n. 3, pp. 241-253, 2003.
- [23] C. K. Au e M. M. F. Yuen, «Feature-based reverse engineering of mannequin for garment design,» *Computer-Aided Design*, vol. 31, pp. 751-759, 1999.
- [24] Y.-J. Liu, D.-L. Zhang e M. M.-F. Yuen, «A survey on CAD methods in 3D garment design,» *Computers in Industry*, vol. 61, pp. 576-793, 2010.
- [25] C. L. Wang e M. F. Yuen, «A Binary Morphology-Based Filtering Algorithm for Reverse Engineering,» *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 21, pp. 257-262, 2003.
- [26] C. C. L. Wang, «Parameterization and parametric design of mannequins,» *Computer-Aided Design*, vol. 37, pp. 83-98, 2005.
- [27] Y. Hu, J. Wang, T. Jiant e S. Lin, «Semantic Feature Extraction of 3D human model from 2D Orthographic projection,» in *International Conference on Digital Home*, 2014.
- [28] J. Fan, Q. Wang, S.-F. Chen, M. M. F. Yuen e C. C. Chan, «A Spring-Mass Model-Based Approach for Warping Cloth Patterns on 3D Objects,» *The Journal of Visualization and Computer Animation*, vol. 9, pp. 215-227, 1998.
- [29] J. McCartney, K. Chong e B. Hinds, «An Energy-based Flattening Technique for Woven Fabrics,» *The Journal of Textile Institute*, vol. 95, n. 1-6, pp. 217-228, 2004.
- [30] C. C. Wang, Y. Wang e M. M. Yuen, «Feature based 3D garment design through 2D sketches,» *Computer-Aided Design*, vol. 35, pp. 659-672, 2002.

- [31] C. C. Wang e M. M. F. Yuen, «Freeform extrusion by sketched input,» *Computers & Graphics*, vol. 27, pp. 255-263, 2003.
- [32] C. C. Wang, S. S.-F. Smith e M. M. Yuen, «Surface flattening based on energy model,» *Computer-Aided Design*, vol. 34, pp. 823-833, 2002.
- [33] S. Predieri, M. Magli, S. Drago, L. Bacci e F. Camilli, «Valutazione sensoriale della mano dei tessuti: dal "Tocco" al panel test,» in *Convegno Nazionale Associazione Italiana di Chimica Tessile e Coloristica*, 2011.
- [34] R. Shishoo, «Use of Kawabata Evaluation System of Fabrics (KES-F) in the clothing industry,» in *30th International Man-Made Fibres Congress*, 1991.
- [35] D. E. Breen, D. H. House e M. J. Wozny, «Predicting the Drape of Woven Cloth Using Interacting Particles,» in *SIGGRAPH Conference Proceedings*, 1994.
- [36] P. G. Minazio, «FAST- Fabric Assurance by Simple Testing,» *International Journal of Clothing Science and Technology*, vol. 7, n. 2-3, pp. 43-48, 1995.
- [37] V. Mozafary e P. Payvandy, «Mass Spring Parameters Identification for Knitted Fabric Simulation Based on FAST Testing and Particle Swarm Optimization,» *Fibers and Polymers*, vol. 17, n. 10, pp. 1715-1725, 2016.
- [38] Y. Jiang, M. Cui e J. Hu, «Computer Generation of 3D Textile Draping Simulation,» in *AASRI Conference on Modeling, Identification and Control*, 2012.
- [39] P. Volino e N. Thalmann, «Accurate Garment Prototyping and Simulation,» *Computer-Aided Design and Application*, vol. 2, n. 5, pp. 645-654, 2005.
- [40] J. Yang e S. Shang, «Cloth Modeling Simulation Based on Mass Spring Model,» *Applied Mechanics and Materials*, vol. 310, pp. 676-683, 2013.
- [41] F. Ji, R. Li e Y. Qiu, «Drape simulation of woven fabrics using a mass-spring system,» *Journal of Textile Institute*, vol. 96, n. 6, pp. 431-437, 2005.
- [42] X. Provot, «Deformation Constraints in a Mass-Spring Model to Describe Rigid Cloth Behaviour,» *GRAPHICS INTERFACE*, pp. 147-1554, 1995.
- [43] B. Eberhardt, A. G. Weber e S. Wolfgang, «A Fast, Flexible, Particle-System Model for Cloth Draping,» *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 16, pp. 52-59, 1996.
- [44] P. Volino, F. Cordier e N. Thalmann, «From early virtual garment simulation to interactive fashion design,» *Computer-Aided Design*, vol. 37, pp. 593-608, 2005.
- [45] R. Narain, A. Samii e J. O'Brien, «Adaptive Anisotropic Remeshing for Cloth Simulation,» *ACM Transactions on Graphics*, vol. 31, n. 6, 2012.
- [46] «Clo3D,» [Online]. Available: <https://www.clo3d.com/>.