

**AGNIESZKA CICHOCKA**

**Doktorat łączony – COTUTELLE**

**Laboratoire GENie et Materiaux TEXtiles(GEMTEX)**

**ENSAIT de Roubaix**

**USTL Université des Sciences et Technologies de Lille I**

**Katedra Odzieżownictwa**

**Politechnika Łódzka**

## **ROZWAŻANIA NA TEMAT MODELOWANIA I SYMULACJI ODZIEŻY NA WIRTUALNYM MANEKINIE ADAPTUJĄCYM SIĘ**

Promotorzy: **prof. Pascal Bruniaux**  
**prof. Vladan Koncar**  
**prof. Iwona Frydrych**

Recenzenci: **prof. Dominique Adolphe**  
**prof. Abdelah Ghenaim**

*Prezentowana praca wpisuje się w strategię reorganizacji łańcucha produkcji odzieży związanego z sektorem tekstylnym i odzieżowym. Głównym celem pracy jest rozwinięcie i przedstawienie nowego sposobu projektowania wyrobów odzieżowych celem zredukowania czasu oraz kosztów produkcji wyrobów. Przeanalizowano dwa rynki produkcji odzieży, pierwszy tzw. „prêt-à-porter” związany z masową produkcją odzieży oraz drugi charakteryzujący tzw. „mass customization”, czyli szycie odzieży na miarę. Biorąc pod uwagę wpływ globalizacji, obserwujemy przyspieszenie produkcji odzieży, unikając podrabiania i kopiowania modeli oraz wymuszanie ciągłego odświeżania kolekcji wyrobów odzieżowych w bardzo krótkich okresach czasu. Ponadto cykl produkcyjny towarów często odbywa się w znacznych odległościach od biura projektowego, a więc komunikacja oraz przesyłanie danych zapisanych numerycznie z wykorzystaniem łącz internetowych jest dziś obligatoryjna. Analiza sektora odzieżowego pokazuje konieczność ewoluowania w kierunku rzeczywistości wirtualnej 3D korelującego z potrzebami przemysłu inspirowanymi poprzez inicjowane kampanie pomiarów antropometrycznych w różnych krajach. Co więcej metody opracowywania wzorców typów budowy człowieka sugerują pracę z wykorzystaniem manekinów wirtualnych 3D zachowując przy tym morfologię sylwetki ludzkiej celem uniknięcia zwrotów wyrobów nie nadających się do sprzedaży. Ta potrzeba*

*przekształciła pojęcie tabeli wymiarów w projekt posegregowanych morfotypów sylwetek ludzkich. Aby odpowiedzieć podanym kryteriom, metody pracy w sektorze odzieżowym winny ulec zmianie, projektanci winni zaadaptować się do pracy w nowym świecie wirtualnym 3D, poprzez Internet. Przedstawiamy oryginalny pomysł projektowania odzieży wirtualnej w 3D na manekinie zdolnym adaptować się do nowych zadanych wymiarów.*

*Pierwszy rozdział przedstawia analizę badań naukowych w różnych dziedzinach odpowiadających prezentowanej pracy, tzn. antropometria, biometria oraz sposoby dokonywania pomiarów, zamysł projektowania odzieży wirtualnej ściśle związanej z przymierzaniem odzieży w 3D.*

*Drugi rozdział został poświęcony modelowaniu sylwetki ludzkiej konkretyzując i projektując morfotyp manekina adaptującego się.*

*Trzeci rozdział przedstawia model odzieży wirtualnej 3D związanej z opisywanym w poprzednim rozdziale manekinem. Proponowany, sparametryzowany model luzów kontroluje sposób układania się odzieży oraz komfortu użytkowego wyrobu. W zamyśle globalnym pracy model ten poprzedza model odzieży. Aplikacja modelu odzieży zorientowanego na proces „mass customization”, pozwoliła na precyzyjne dopasowanie parametrów luzów, wykorzystując technikę przetwarzania obrazów.*

*Ostatni rozdział przedstawia nasze rozważania dotyczące rozciągania na przykładzie dynamicznego modelu odzieży, z wykorzystaniem nieliniowego modelu tkaniny, którego wartości parametrów obliczone zostały, wykorzystując metodę algorytmów genetycznych zaadaptowaną odpowiednio do procesu identyfikacyjnego.*

## WPROWADZENIE

Praca opisuje nowy koncept modelu odzieży rozpatrywanego w otoczeniu 3-wymiarowym, całkowicie numerycznym. Generowanie szablonów jest punktem wyjściowym, rozpoczynającym proces konfekcjonowania odzieży, który to etap, generalnie wykonuje wysoko wykwalifikowany technolog (rysownik szablonów). W tradycyjnym schemacie wytwarzania szablonów metodą ręczną, sposób dokonywania pomiarów antropometrycznych ciała ludzkiego wymaga dużo czasu jak również wiedzy o anatomii ciała ludzkiego, który jest zarazem elementem fundamentalnym dla osoby wykonującej szablon, ze względu na dokładność i precyzję wykonania powstałych szablonów. Aż do dziś proces kreowania był zatwierdzany poprzez liczne, precyzyjne przymiarki, powtarzane w procesie drapowania na drewnianym lub rzeczywistym manekinie, który wymagał eksperckiej wiedzy i doświadczenia. Dlatego też w zależności od różnego poziomu kompetencji osób wykonujących szablon oraz wprowadzanych subiektywnych modyfikacji, ta procedura może pochłaniać dużo czasu, aby otrzymać zadowalające efekty. Jednocześnie, skracanie czasu kreowania produktów odzieżowych stało się jednym z czynników priorytetowych w aktualnych

tendencjach produkcji skłaniających się ku produkcji krótkoseryjnej. Długi proces projektowania może stanowić przeszkodę dla przyszłości produkcji odzieży. Obecna tendencja wzrostowa konieczności produkcji jednostkowej oraz szybszego wytwarzania produktu, w celu zredukowania czasu inicjowania, prowadzi do generowania nowych programów oraz materiałów dla obecnych rynków, będących na fali.

Praca ta może być rozpatrywana jako nowe podejście do pomysłu metodologicznego dostępnego dla każdego użytkownika, który zamierza wygenerować odzież dopasowaną w 3D, która jest jednocześnie adaptowalna przemysłowo. W tym kontekście, pracowaliśmy nad różnymi segmentami ciała ludzkiego, czy to kobiety czy to mężczyzny, wyróżniając elementy ciała tors, kończyny górne (ręce) oraz dolne (nogi). Opracowywana odzież podstawowa (spodnie, koszula) może być wykorzystywana uniwersalnie do opracowywania innych modeli zwanych pochodnymi modelu podstawowego. Możliwość automatycznego adaptowania się w funkcji danej osoby lub otoczenia poprzez parametry odpowiednio dobrane, począwszy od dynamicznego modelu luzów, prowadzi do poszerzenia pomysłu projektowania w innych kategoriach odzieży, w innej klasie, uwzględniając tę samą segmentację (klasyfikacja odzieży na kamizelki, marynarki, płaszcze...).

Proponowana metodyka może być zastosowana w dziedzinie personalizacji masowej, ponieważ proces jest nie tylko szybki, ale również ekstremalnie precyzyjny. Elaboracja oraz przymiarki wirtualne modeli odzieży są dokonywane w każdym momencie, na różnych platformach programu, nie stanowi to problemu przy przenoszeniu danych. Bazując na rozwinięciu nowej metodologii praca znajduje swoją oryginalność poprzez aspekt adaptacyjny procesu.

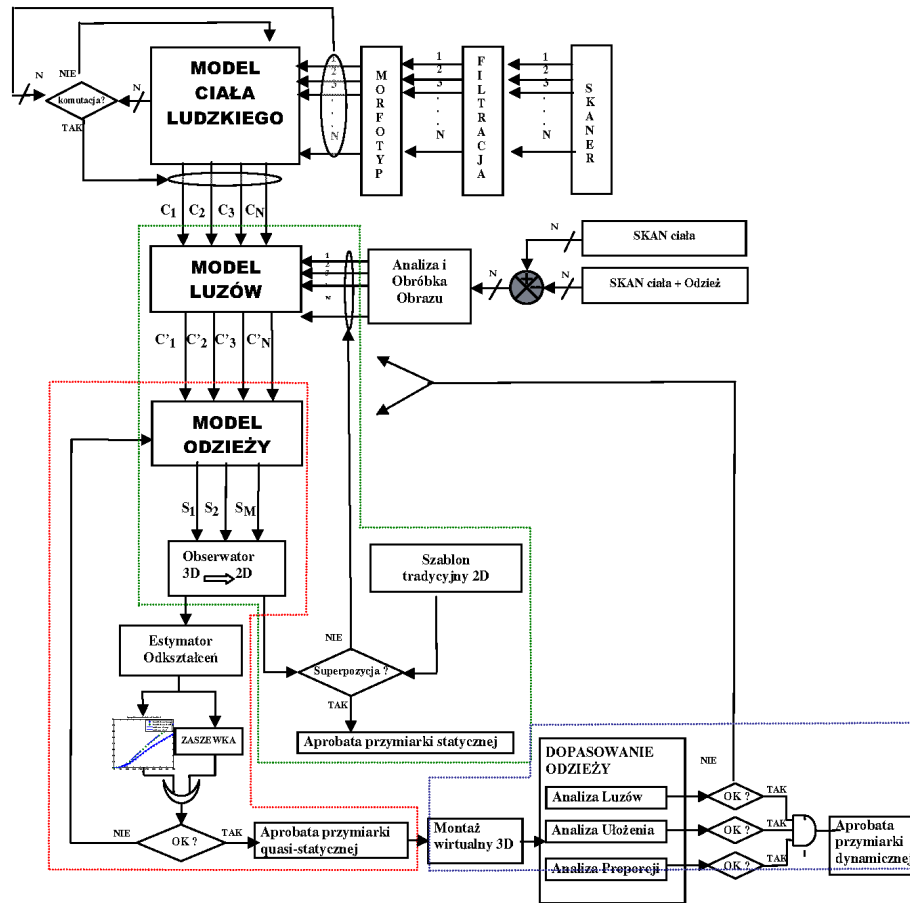
Inna interesująca część pracy koncentruje się na zastosowanej technice definiowania wartości parametrów modelu luzów w przestrzeni otoczenia trójwymiarowego. Technika ta opiera się na analizie oraz przetwarzaniu obrazu, odległości pomiędzy ciałem ludzkim oraz odzieżą, fundamentalnymi danymi dla optymalizacji układalności odzieży. Strategiczna ewolucja parametrów pozwoliła na zaadaptowanie tego problemu w prezentowaną koncepcję kreowania odzieży. Aby zweryfikować poprawność przyjętej tezy przetestowano trzy metody, pozwalające obliczać wartości luzu przestrzennego w fazie przymiarki statycznej. Opierają się one na wymiarach otrzymanych w wyniku „odwróconego pomysłu projektowania odzieży”.

## **ROZDZIAŁ 1**

Rozdział 1 prezentuje stan wiedzy w dziedzinie modelowania oraz symulacji numerycznej manekinów, jak również i odzieży w otoczeniu wirtualnej rzeczywistości 3D. Aby modelować numerycznego manekina 3D, wskazana jest wiedza o morfologii ciała ludzkiego w celu poprawnego zdefiniowania punktów

antropometrycznych użytecznych dla rozpatrywanego sektora, który dotyczy odzieżownictwa. Początek rozdziału, prowadzi nas do poszukiwania optymalnego sposobu pomiaru ciała ludzkiego, ponieważ szybkość oraz precyzja, a także nietrwałość, danych otrzymanych metodą tradycyjną stanowiło ważne kryterium dla dalszego przebiegu procesu. Przeanalizowano dwa modele ciała ludzkiego. Model morfotypu adaptującego się, ma na celu odtworzyć morfologię osoby poddanej pomiarowi niezależnie od poszukiwanego rozmiaru, uzyskanego z tabel rozmiarów. Pojęcie morfotypu jest wszechobecne i konieczne, aby uzyskać rezultat korelujący z potrzebami przemysłu wytwarzającego odzież masową (prêt-à-porter). Wyniki kampanii pomiarowej populacji francuskiej orientują rozwój na nową strategię. Drugi rodzaj modelu ciała ludzkiego ma mniej ograniczeń, z wyjątkiem precyzji, ponieważ powinien on stanowić doskonały obraz wymiarowanego ciała, które przeniesione zostało w otoczenie umożliwiające modelowanie powierzchniowe 3D, a zadedykowany sektorowi mass customization (szycie na miarę).

Celem tej części było zdefiniowanie struktury projektowania w funkcji realnych potrzeb przemysłu. W oparciu o analizę bibliograficzną względnie najnowszą zdefiniowano strategię projektowania nowego procesu. Liczne prace naukowe wskazują, iż wirtualna przymiarka jest realizowana na końcu procesu projektowania odzieży. W celu znalezienia optymalnego rozwiązania porównano sposoby postrzegania tej kwestii przez badaczy, jak również widzianej od strony przemysłowej. Oczekiwania przemysłu optują za natychmiastową weryfikacją projektów. Prezentowane osiągnięcia naukowe pokazują, że niewielka liczba badaczy, na początku procesu umożliwia kreowanie odzieży bezpośrednio na modelu ciała ludzkiego, który nazywamy również „numerycznym krawcem”. Aby sprostać temu wyzwaniu należało umieścić dwa ważne punkty. Pierwszym punktem strategicznym w tym kontekście badań jest teza, iż model luzów stanowi integralną część modelu odzieży w sposób asocjacyjny. Te parametry definiują podstawowe pojęcia związane z noszeniem oraz dopasowaniem produktu. Drugi punkt podkreśla przejście pomiędzy środowiskiem 2D i 3D, nazywany rozwinięciem szablonów 3D na płaszczyźnie 2D, co więcej, które powinno być asocjacyjne, dokładne i brać pod uwagę odkształcenia rzeczywiste materiału. Proces projektowania wyrobów odzieżowych przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Schemat globalny procesu projektowania

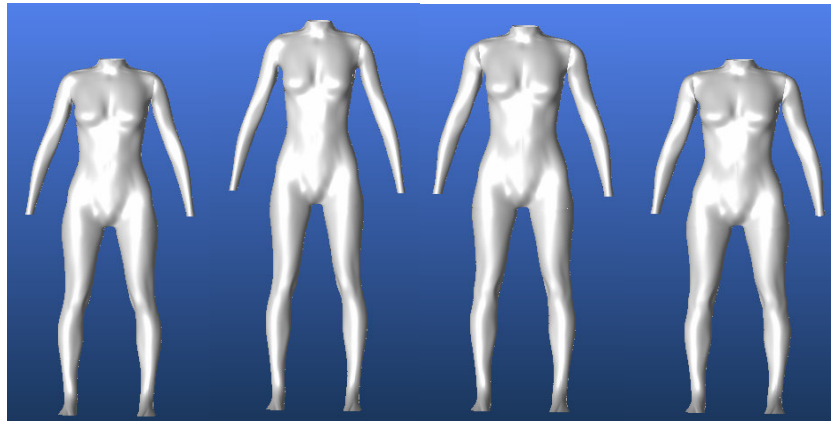
## ROZDZIAŁ 2

Rozdział drugi koncentruje się na modelowaniu ciała człowieka, definiując go jako model morfotypu adaptacyjnego. Krótkie wprowadzenie przedstawia globalny model projektowania. Następnie zaprezentowana metoda opisuje po kolei etapy kreowania poprzez tworzenie manekina, odwzorowując tułów oraz nogi. Kwestią problemową było przedstawienie pachwin i krocza – miejsca połączenia tułowia i kończyn dolnych jako efekt braku danych ze względu na tzw. strefę zacienioną, która powstaje, w tym miejscu, podczas procesu numeryzacji – skanowania. Zaproponowano ekstrapolację tej strefy w funkcji powiązanych z nią elementów powierzchni. Kolejną trudnością okazało się

przyłączenie członków górnych – rąk, ze względu na ich mobilność w funkcji zmian wielkości biustu, jak również niełatwym było zdefiniowanie strefy pod pachami, która również jest strefą zacienioną i bardzo złożoną do precyzyjnego zobrazowania.

Pomimo tych trudności, wyniki wskazują, iż zachowujemy poprawność morfologiczną zeskanowej sylwetki ludzkiej, nadając parametrom wartości zawyżone, związane z ewolucją rozmiaru sylwetki człowieka. Rozdział ten przedstawia główne założenia techniki modelowania ciała człowieka, wychodząc od pojęcia pomiarów ciała ludzkiego związanych z jego analizą morfologiczną, jak również poprzez techniki pomiarowe 3D manualne lub zautomatyzowane powiązane z różnymi narzędziami pomiarowymi. Przegląd literatury pokazuje istotność punktów i linii antropometrycznych dla dalszego ciągu pracy.

Kolejna część pracy koncentruje się na zdefiniowaniu koncepcji manekina adaptacyjnego oraz nieadaptacyjnego, z wpływem na proces tworzenia i przeznaczenia odzieży zorientowanej na (prêt-à-porter) lub szycie na miarę (mass customisation). Model manekina do produkcji masowej prêt-à-porter jest bardzo ukierunkowany, ponieważ pozwala on zdefiniować na nim model odzieży. To prowadzi nas do pracy z konturami morfologicznymi o przeznaczeniu odzieżowym lub konturów czysto morfologicznych, w celu respektowania estetyki tworzonego manekina. Wyniki naszego modelu morfotypu manekina adaptacyjnego zostały przedstawione na poniższym rysunku. Widzimy, iż w funkcji wzrostu wyrażonego w mm (1640, 1800, 1800 i 1640) oraz w funkcji obwodów klatki piersiowej w mm (910, 910, 1000 i 1000), kontrola procesu kreowania morfologii manekina jest zgodna z manekinem uzyskanym w wyniku skanowania, nawet tak znaczącej narzuconej deformacji.



Rys.2. Morfotyp manekina sparametryzowany

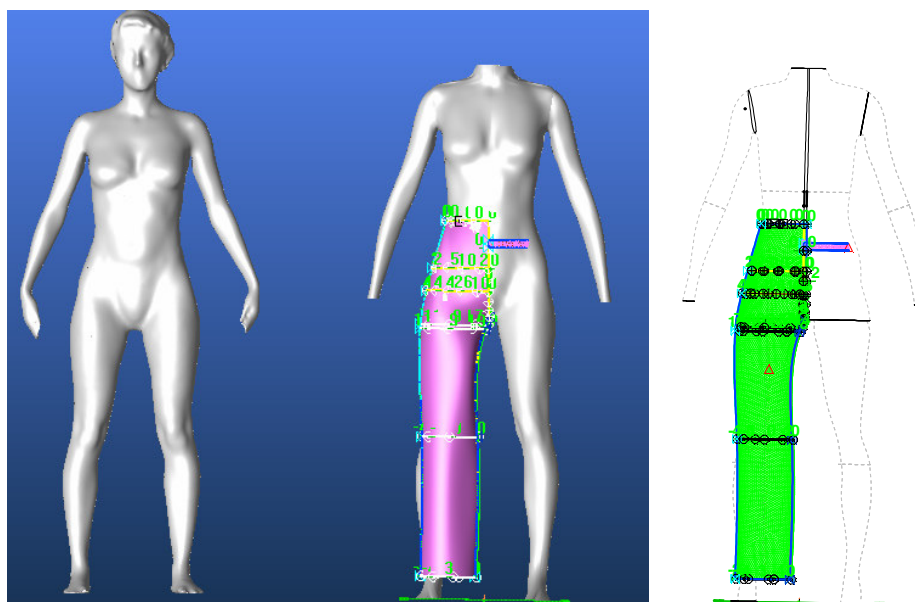
Manekin ten jest przeznaczony sektorowi odzieży produkcji masowej prêt-à-porter dla każdego typu odzieży oprócz sektora odzieży noszonej blisko ciała, gdzie wartości luzów są równe zero lub są negatywne jak np. gorseciarstwo.

W tym szczególnym przypadku konieczne jest wzięcie pod uwagę ewolucji klatki piersiowej kobiety. Ponadto idea kreowania może być łatwo zaadaptowana dla mężczyzn. Dodatkowo, jej zaletą jest kontynuacja idei przewodzących kampanii wymiarujących populację.

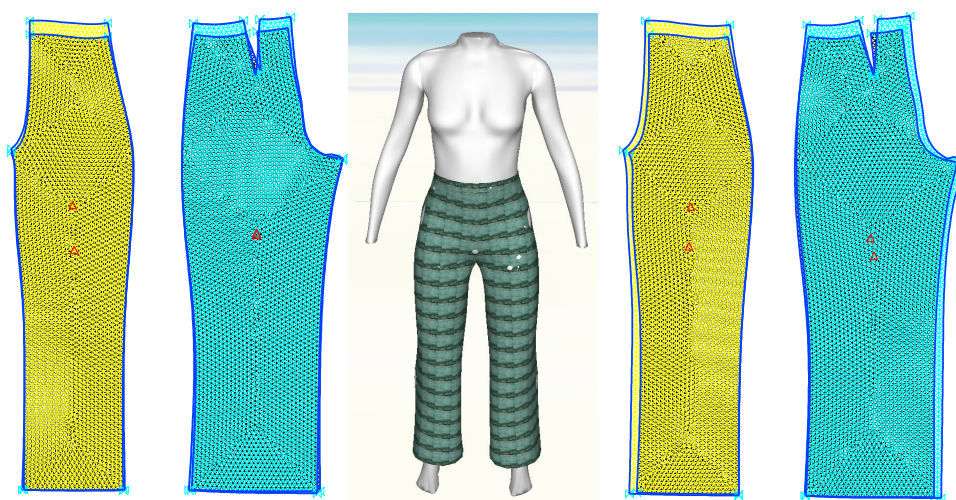
### **ROZDZIAŁ 3**

Rozdział ten przedstawił nową technikę kreowania i modelowania odzieży bezpośrednio na manekinie umieszczonym w rzeczywistości wirtualnej. Praca ta pokazuje główne założenia modelowania odzieży oraz przedstawia trudność jego wykreowania na ciele ludzkim w przestrzeni trójwymiarowej, ponieważ konieczne jest wzięcie pod uwagę licznych aspektów późniejszej weryfikacji i akceptacji modelu. Umieszczenie w procesie kreowania różnych sprzężeń zwrotnych kontrolujących, jak wskazuje schemat globalny na rysunku 1, jest kategorię. Dostrzegamy, iż model luzów jest delikatniejszy w parametryzacji ze względu na interakcje pomiędzy różnymi szablonami oraz na fakt, iż niewielu badaczy poruszyło ten problem. Co więcej pojęcie projektowania wkracza do procesu akceptacji, który stanowi kryterium subiektywne. Jednakże raz zdefiniowane powoduje, iż parametry są określone dla każdego typu osobnika, zmieniającego się według proponowanej metodologii. W tym należy oprzeć się na modelu morfotypu manekina adaptacyjnego. Poniższy rysunek pokazuje, iż zadana zmiana wzrostu manekina oddziałuje na prezentowaną odzież – spodnie, w sposób automatyczny adaptuje je w funkcji zmiany wielkości manekina. Co więcej proponowane nowe szablony mają zaletę być przesłane do produkcji natychmiastowo dzięki możliwości importowania do innych kompatybilnych modułów CAD.

Również inne modele odzieży powstałe na bazie tej metodologii będą miały możliwość zaadaptowania się do wymiarów manekina po dokonaniu zmian wartości wymiarów. Poniższy rysunek podkreśla, iż ta reguła przywodzi nas do stopniowania adaptującego się, będącego w funkcji wymiaru wzrostu (lewa strona) lub wymiaru wzrostu i obwodu (prawa strona).



Rys. 3. Odzież automatyczna interaktywna z ewolucją morfotypu manekina adaptacyjnego



Rys. 4. Stopniowanie automatyczne szablonów

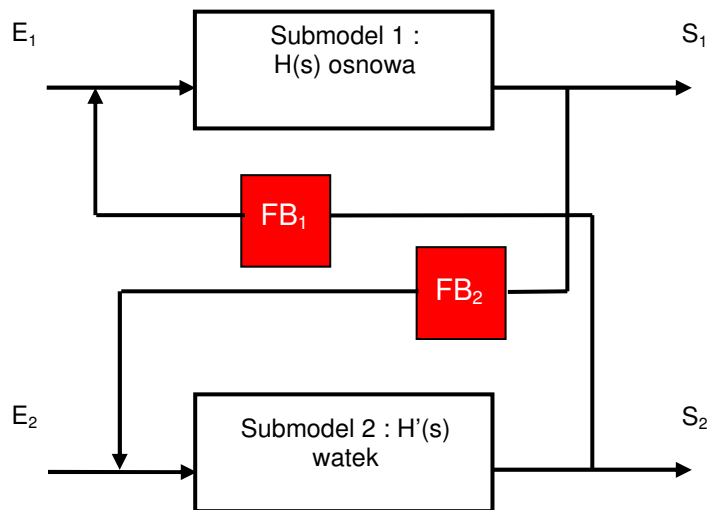
Wybór punktów oraz konturów kluczowych dla modelu ciała człowieka stanowił mądre rozwiązanie dla idei szkieletu jako suportu dla odzieży, może służyć podobnie innym modelom podstawowym analizowanej odzieży. Różne przykłady odzieży zostały wybrane, aby móc pracować z odzieżą przeznaczoną



dla różnych segmentów ciała człowieka. Techniki kreowania odzieży prêt-à-porter oraz mass customisation mogą być podobne, oprócz wyboru wielkości parametrów luzów, ponieważ ta druga wymaga więcej precyzji, o czym świadczą operacje specjalnie wniesione do pracy. Umieszczenie sprzężeń zwrotnych w przypadku modelu luzów lub modelu odzieży pozwoliły potwierdzić całość procesu modelowania. Stało się jasne również, że test dynamiczny jest również sprzężeniem zwrotnym, który pozwala kontrolować wspomniane modele w funkcji zakładanych celów. Wielkie wyzwanie zostało podjęte, które umożliwia dokonanie stopniowania automatycznego poprzez zastosowanie morfotypu manekina adaptacyjnego.

## ROZDZIAŁ 4

W rozdziale przedstawiono innowacyjny model tkaniny bazujący na modelu rozciągania bi-kierunkowym, zawierającym 2 sprzężenia zwrotne, łączące 2 modele rozciągania jednokierunkowego właściwe dla kierunku osnowy i wątku, integrujące jednocześnie pojęcie ścinania tkanin.



Rys. 5. Model globalny tkaniny

Korzyścią tej analizy jest możliwość zidentyfikowania wszystkich parametrów modelu globalnego, wychodząc od jednokierunkowych testów rozciągania. Technologia optymalizacji oparta na metodzie Algorytmów Genetycznych wskazuje ograniczenia, dlatego została zaadaptowana, aby otrzymać precyzyjne wyniki identyfikacji i przede wszystkim uniknąć kompensacji parametrycznej. Wyniki wydają się bardzo obiecujące dla przemysłu.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W odzieżownictwie jest na porządku dziennym, iż projektowanie szablonów oraz planowanie procesu projektowania jest procesem intuicyjnym zależnym zasadniczo od kompetencji i doświadczenia projektanta. Z tego względu wielce trudnym jest modelowanie jego metodologii pracy, który definiuje proste zdanie „znajomość swojego zawodu”. Co więcej, w momencie zakończenia procesu projektowania odzieży proces elaboracji modelu nie jest już wymagany. Podsumowując, wiedza nabyta poprzez doświadczenia nie jest więc zapamiętywana.

Analiza metod przemysłowych konstruowania szablonów jest realizowana przez technologa pracującego przede wszystkim na płaszczyźnie (2D), zazwyczaj wykorzystując program CAD. Zbędnym wydaje się nadmienienie, iż proces ten jest trudny i pracochłonny. Co więcej, dość często występują problemy na płaszczyźnie komunikacji pomiędzy projektantami i technologami wskutek błędów interpretacji, które pojawiają się w trakcie procesu analizowania rysunków żurnalowych modelu odzieży. Istnieje również technika drapowania, bardzo złożona, która zawiera w sobie pojęcie luzów 3D, układalność odzieży, dopasowania odzieży.

Tę metodę stosują najwięksi projektanci, ponieważ przedstawia ona nie tylko szlachetność zawodu, ale również pozwala uzyskać lepsze rezultaty. Wiele praktyki oraz kompetencji wymaga również metoda kreowania odzieży bezpośrednio na manekinie. Zawód ten jest generalnie skierowany do „haute couture”, ponieważ kreowanie z użyciem tej metody jest drogie i wiedzie ku odzieży szytej na miarę.

Nasz schemat globalny modelowania procesu projektowania odzieży opiera się na metodologii stosującej programy działające w 3D. Ten pomysł może pomóc rozwiązać nieporozumienia pomiędzy projektantem i technologiemi, wpływając wspólnie w sposób interaktywny na model 3D. Między innymi, rzeczywistość wirtualna 3D stanowi jedyną możliwość zapamiętania sposobu wykonywania zawodu, realizowanej przez człowieka. Co więcej, biorąc pod uwagę fakt, iż metoda 3D jest uznana za najbardziej dostosowaną, która pozwala wiernie oddać proporcje ciała ludzkiego nasz globalny model projektowania został strategicznie zorientowany w kierunku tego pomysłu. W związku z tym konieczne jest łączenie umiejętności i wiedzy bardzo zróżnicowanej, którą znajdujemy poprzez pracę. Co więcej, te wymagania mogą stanowić przeszkodę w wykonywaniu tego zawodu.

Pierwszy rozdział pokazuje, że wszyscy ludzie różnią się kształtem. Produkcja masowa miała na celu zgrupowanie ludzi i utworzenie klas populacji. Dostrzegamy jednak, iż wymieszanie etniczne, ewolucja człowieka, mundializacja oraz liczne czynniki prowadzą do klasyfikacji bardziej dokładnej. Praca morfologiczna kieruje nas na pojęcie morfotypu człowieka powiązanego z tabelami wymiarów. Ściślej, klasyfikacja typów, podobnie jak odzieżownictwo, wprowadza podklasy opracowane względem segmentacji ciała ludzkiego. Oczywiście, mówiąc

o morfologii ciała ludzkiego nie można zapominać o antropometrii. Jednocześnie ważne stało się podkreślenie wagi wspólnej płaszczyzny człowiek-odzież, analizując luzy odzieży poprzez włączenie odczuć konsumenta związanych z noszeniem, dopasowaniem odzieży. Dostrzegamy, iż precyzyjne dopasowanie luzów może prowadzić do produktów mass-customization.

Drugi rozdział wyjaśnia wielkie strategie przyszłości odzieżownictwa stawiające czoło problemowi mondializacji. Również, priorytetem jest zaprojektowanie manekina wirtualnego 3D dla wielkiej dystrybucji, który integruje pojęcia E-commerce. Manekiny te powinny mieć możliwość adaptowania się i zachowywać różne morfologie, współpracując jednocześnie z danymi międzynarodowych kampanii pomiarowych. Nie należy jednak zaniedbywać rynków będących na fali takich jak mass-customization, z tego względu zaproponowaliśmy podobną strategię projektowania manekina dla tego sektora.

Trzeci rozdział wyjaśnia krok po kroku, w jaki sposób, wychodząc od manekinów adaptujących się lub nie, możliwe jest wykreowanie odzieży w przestrzeni trójwymiarowej. Koncepcja modelu zaprezentowana na początku rozdziału została zdefiniowana poprzez różne sprzężenia zwrotne, aby zatwierdzać kolejno różne fazy projektowania. W pierwszym etapie należało rozważyć przemysłową metodę projektowania szablonów i rozkładania na płasko elementów odzieży 3D, porównując ją przy pomocy jednego obserwatora z naszymi spostrzeżeniami. Spostrzegamy, iż wektor luzów stanowi priorytet procesu dopasowania. Następnym etapem akceptacji rozkładania na płasko szablonów, stosując estymator, pozwolił kontrolować łatwo odkształcenia. Narzędzie to jest konieczne do zdefiniowania właściwej tkaniny ze względu na znaczącą wartość wydłużenia lub umiejscowienie zaszewki we właściwym miejscu, aby skompensować efekty ściskania (fałdy). Ostatecznie szablony są aprobowane poprzez ich zachowanie dynamiczne, podczas wirtualnej przymiarki. Prawdą jest, że ten etap wymaga nie tylko znajomości zawodu, lecz również prowadzenia analizy intuicyjnej podczas obserwacji 3D układalności odzieży.

Osoba obserwująca powinna mieć doświadczenie, aby zaaprobować produkt w świecie wirtualnym, co predysponuje nielicznych. Rozdział ten pokazuje, że numeryczny krawiec stał się możliwy, i który wiedzie w kierunku koncepcji mass-customization. Powstał on na bazie technik projektowania bliskich technikom sektora prêt à porter, co więcej wykorzystuje te same narzędzia. W ramach tej pracy dopracowaliśmy model luzów jako potrzebę konsumenta aby posiadać odzież, która jest doskonale dopasowana do danej sylwetki.

Końcowy rozdział przedstawia nasze rozważania z dziedziny symulacji numerycznej tkaniny koniecznej do realizacji przymiarki wirtualnej. Dostrzegamy, że modele stosowane w przemyśle są generalnie modelami liniowymi i trudna do zdefiniowania jest więc parametryzacja modelu tkaniny. Wydało się nam praktycznym ewoluować w kierunku modelu nieliniowego, zajmującego się podmodelem rozciągania. W naszym przypadku integruje on interakcje kontaktu

nici powstałego na skutek ich przeplatania się. Aby rozwiązać wielką trudność identyfikacji parametrów podmodelu, unikając zjawiska kompensacji parametrycznej zastosowaliśmy Algorytmy Genetyczne wraz z metodą zaadaptowaną do procesu identyfikacji i pomiaru.

Jako podsumowanie należy stwierdzić, iż prezentowana strategia globalna może być ceniona przez przemysł, ponieważ jest nowatorska. Niewielu badaczy pracuje nad bezpośrednim kreowaniem odzieży na manekinie wirtualnym. Modelowanie globalne jest konieczne. Modelowanie szeregowe umożliwia połączenie ich i zautomatyzowanie procesu tworzenia od manekina aż do produktu finalnego, tzn. różnych szablonów. Nie tylko koszt kreowania obniży się znacząco, ale również umiejętności wykonywania tego zawodu zostaną zapisane. Nieporozumienia pomiędzy projektantem i technologiemi staną się przeszłością, a także mogą wpłynąć na ograniczenie liczby potencjalnego personelu zatrudnianego w biurach projektowych. Komunikacja międzynarodowa poprawi się poprzez transfer danych 3D, wykorzystując strony internetowe. Oczywiście lista zalet nie została wyczerpana. Przyszłe badania będą kontynuować pracę, w celu utworzenia bazy danych wyrobów odzieżowych (pancerz 3D) oraz przetestowania naszej metody na produktach innej klasyfikacji (np. okrycia wierzchnie). Możliwe jest również poszerzenie obszaru badań, pozycjonując się w związku z płaszczyzną oddziaływania człowiek-odzież-środowisko. Wyzwanie stanowi powiązanie kaskadowe odpowiednich modeli adaptujących się kierujących biurami projektowymi pracującymi nad częścią człowiek-odzież oraz sektor sprzedaży przez Internet, który zajmuje część człowiek-odzież w danym otoczeniu, tzn. w butik wirtualnym. Zaletą tego wirtualnego łańcucha importowania VRML jest możliwość wzrostu potencjału kreowania do 5 i jak wskazują badania prowadzone w sektorze meblarskim wykreowania inteligentnej płaszczyzny integrującej bazę stylów korelujących z potrzebami konsumentów.

## LITERATURA

- [1] Résultats de la Campagne Nationale de Mensuration, Conférence de presse, Salon PRET á PORTER PARIS®, le 2 février 2006.
- [2] S. Kim & Ch. K. Park: Parametric Body Model Generation for Garment Drape Simulation, *Fibers and Polymers*, Vol.5, No. 1, pp. 12-18, 2004.
- [3] Polska Norma P-84500, Pomiary ciała ludzkiego (Mesurage du corps humain) ustanowiona przez Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości 26 lutego 1982 r. (Dz. Norm i Miar nr 6/1982, poz.14) i obowiązująca od 1 stycznia 1983.
- [4] L. Chi & R. Kennon: Body scanning of dynamic posture, *International Journal of Clothing Science and Technology*, vol. 18, No. 3, pp. 166-178, 2006.
- [5] TC2 <http://www.tc2.com/index.html>
- [6] Lectra [http://www.lectra.comL/binaries/bodyscanner\\_retailingpdf^ tcm22-56573.pdf](http://www.lectra.comL/binaries/bodyscanner_retailingpdf^ tcm22-56573.pdf)
- [7] CAESAR <http://www.sae.org/technicalcommittees/caesar.htm>

- [8] I. Douros, L. Dekker & B.F. Buxton: Reconstruction of the surface of the human body from 3D scanner data using B-splines, Proceedings of the International Society of Optical Engineering, Vol. 3640, pp. 234-245, 1999.
- [9] P.R.M. Jones, P.Li, K. Brooke-Wavell & G.M. West: Format for human body modeling from 3-D body scanning, International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 7 No. 1, pp. 7-16, 1995.
- [10] X. Ju, N. Werghi & J.P. Siebert: Automatic segmentation of 3d human body scans, Proc. IASTED Int. Conf. on Computer Graphics and Imaging 2000 (CGIM 2000), Las Vegas, USA, 2000.
- [11] Z. B. Azouz, M. Rioux, C. Shu & R. Lepage: Analysis of Human Shape Variation Using Volumetric Techniques, 17th Annual Conference on Computer Animation and Social Agents (CASA2004). Geneva, Switzerland. July 7-9, 2004.
- [12] E. Paquet & H. L. Viktor: Anthropometric Calibration of Virtual Mannequins through Cluster Analysis and Content-based Retrieval of 3-D Body Scans IMTC 2005 - Instrumentation and Measurement Technology Conference Ottawa, Canada, 17-19 May 2005.
- [13] D. E. Goldberg: Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Reading MA Addison Wesley, 1989.
- [14] J. Holland: Outline for a logical theory of adaptive systems, Journal of the Association of Computing Machinery, pp. 297-314, 1962.
- [15] R. Laurent: Modélisation et identification de systems complexes, These de docteur és sciences, U.S.T.L.F.A., Villeneuve d'Ascq. France, 1985.

## **CONTRIBUTION TO THE MODELLING AND SIMULATION OF CLOTHING ON AN ADAPTIVE MANNEQUIN**

### **Summary**

This work is part of a reorganizing strategy of the manufacturing chain for the textile clothing. The main objective is to develop a new concept of clothing creation to reduce time and costs of product development. Two industrial markets have been analyzed, the ready-to-wear (Mass production) and the ready to measure (mass customization). We notice that the effects of globalization lead to produce quickly in order to avoid copying and require constant renewal of collections in a very short time. The production is no longer local, it is now imperative to communicate the data in digital form through the Internet. This analysis of the clothing making business shows the need to evolve to a 3D virtual world correlated with industrial needs raised at the international measurement campaigns. The latter advised to work with 3D virtual models within the morphologies of the human body to prevent the return of unsold cloths. This need has transformed the concept of table size in the concept of high morphotypes

segmentation. To meet all these criteria, methods of work must be changed, designers must adapt to the modern world of virtual 3D internet. Also, we propose a concept of creating clothing virtual 3D model adaptive morphotypes.

The first chapter presents the state of the art of the subject in the different areas representative of the study, ie: anthropometry, biometrics and means of measurement, design virtual clothing heavily virtual.

The second chapter is devoted to modelling of the human body through the implementation and development of an adaptive model morphotypes.

The third chapter provides a model of 3D virtual clothing associated with the previous model. An ease model is integrated upstream of the global model to control the well being and the drape of garment. Orientation of the application into a mass customization process has led to precisely adjusted ease parameters using the tools of image treatment.

The last chapter represents our contribution to the extension of the clothing dynamic model through the establishment of a non-linear fabric model with the parameters value calculated by genetic algorithms using a suitable methodology to identify the process.

Laboratory GEMTEX  
ENSAIT de Roubaix, France

Department of Clothing Engineering  
Technical University of Lodz, Poland