

MOŻLIWOŚCI I OGRANICZENIA W STOSOWANIU METOD INŻYNIERII JAKOŚCI DO OCENY ODZIEŻY WIELOFUNKCYJNEJ

Stanisław PFEIFER, Elżbieta PIEKARCZYK

Streszczenie: W artykule przedstawiono problematykę oceny różnych wyrobów z wykorzystaniem metod inżynierii jakości. Zagadnienie omówiono na przykładzie wybranych wyrobów włókienniczych wykonanych z materiałów wielofunkcyjnych. Zaprezentowano grupę koszulek i wyznaczono dla nich wartości wybranych cech. Omówiono metodę normalizacji cech opartą na funkcjach segmentowych. Przedstawiono sposób wyznaczenia oceny całkowitej produktu z wykorzystaniem mierników niejednorodności jakościowej. Opisano możliwości i ograniczenia w stosowaniu metod inżynierii jakości do oceny różnych produktów rynkowych.

Słowa kluczowe: ocena jakości, odzież wielofunkcyjna, normalizacja cech.

1. Wyroby odzieżowe z materiałów wielofunkcyjnych

Postęp nauki oraz uwarunkowania rynkowe wymogły rozwój techniki włókienniczej w stronę tekstyliów bardziej wysublimowanych oraz specyficznych. Produkty te są wytwarzane z nowoczesnych materiałów wielofunkcyjnych, co przyczynia się do powstawania innowacyjnych koncepcji i wprowadzania nowych elementów w projektowaniu wyrobów włókienniczych. Odzież już dawno przestała być używana tylko do osłony przed zimnem. Współczesne ubrania tworzone są z myślą o konkretnej roli, jaką mają spełniać oraz by były doskonałym rozwiązaniem dla każdego użytkownika, bez względu na stopień aktywności fizycznej. Stąd też naukowcy nieustannie pracują nad tworzeniem materiałów, które znajdują zastosowanie w codziennym życiu.

Podejmowane prace badawcze nad opracowaniem ubiorów dopasowujących swoje właściwości w zależności od klimatu zewnętrznego i wytwarzania przez człowieka ciepła metabolicznego stworzyły podstawy do projektowania i wytwarzania odzieży wielofunkcyjnej, nazywanej też odzieżą termoaktywną. Mając na względzie oczekiwania stawiane odzieży tego typu należy wziąć pod uwagę parametry określające komfort użytkowy, a więc zespół cech zapewniających w odczuciu użytkownika, optymalne wypełnienie funkcji ubioru związanych z gwarancją pełnej sprawności fizycznej połączonej z niezawodnością eksploatacyjną i łatwością poddawania określonym zabiegom konserwacyjnym. Innymi słowy, odzież funkcjonalna, odzież termoaktywna ma być ubiorem, który współpracuje z organizmem człowieka i otoczeniem.

Na podstawie studiów literaturowych [1-3] oraz analizy rynku należy stwierdzić, że obecnie istnieje brak wiarygodnych danych dotyczących rzeczywistych właściwości użytkowych odzieży wykonanej z materiałów wielofunkcyjnych. Stosunkowo mała ilość opracowań z tego zakresu na gruncie towaroznawstwa, a więc oceny współczesnych materiałów i wyrobów odzieży termoaktywnej z punktu widzenia konsumentów, brak

badania porównawczych w stosunku do odzieży tradycyjnej oraz stale narastająca różnorodność asortymentu odzieży termoaktywnej występującej na rynku powoduje:

- konieczność systemowego podejścia do oceny tej odzieży, tj. opracowania systemów obiektywnej oceny, uwzględniających towaroznawczy i konsumencki punkt widzenia,
- potrzebę badań rzeczywistych właściwości odzieży funkcjonalnej w oparciu dostępne metody badawcze, uwzględniające cechy dotyczące szeroko rozumianych właściwości higienicznych.

Wymienione przesłanki uzasadniają podjęcie prac nad wykorzystaniem metod inżynierii jakości w ocenie odzieży funkcjonalnej. Dotychczasowe doniesienia literaturowe skupiają się przede wszystkim na różnych technologiach stosowanych przy produkcji odzieży termoaktywnej i w zasadzie nie poruszają problematyki oceny z punktu widzenia użytkowników.

Należy zwrócić uwagę, że obecnie występuje bardzo szeroka oferta odzieży wielofunkcyjnej. Większość producentów posiada w swojej ofercie różnorodne modele, odpowiednie dla każdego rodzaju aktywności fizycznej i warunków atmosferycznych. Swoje kolekcje, jak twierdzą, tworzą z myślą o ludziach aktywnych fizycznie (i nie tylko), którzy z uprawiania sportu pragną czerpać maksimum przyjemności i poszukujących skutecznej ochrony w każdych warunkach pogodowych. Zapewniają o wysokiej jakości wykonania swoich wyrobów, funkcjonalności i zaawansowanych technologicznie materiałach. Z przeprowadzonych dotychczas badań rynkowych wynika, że producenci prześcigają się w prezentowaniu zalet stosowania bielizny termoaktywnej, radzą jak ją używać, jaki rozmiar kupować, aby korzystać z niej efektywnie, a przede wszystkim gwarantują wysoki komfort użytkowania. Poniżej, w tab. 1 i 2 zestawiono przykłady odzieży z grupy bielizny i ubiorów, oferowanych przez różnych producentów, z podaniem podstawowej charakterystyki oraz ceny.

Tab.1. Wybrane przykłady koszulek wykonanych z materiałów funkcjonalnych

Nazwa produktu, producent	Skład surowcowy	Główne właściwości użytkowe podawane przez producentów	Cena, zł
Koszulka unisex firmy Brubeck	70% polipropylen 30% poliamid	Koszulka wykonana z cienkiej, przewiewnej dzianiny, posiada właściwości antyalergiczne i bakteriostatyczne, zapewnia efektywny transport wilgoci na zewnątrz, a także optymalną wentylację organizmu. Konstrukcja 3D kilkakrotnie zwiększa powierzchnię odbioru wilgoci.	90
Koszulka damska firmy Craft	Zero Extreme 100% poliester	Koszulka Zero Extreme jest wykonana z cienkiego, lekkiego oraz elastycznego materiału zbudowanego z dwóch wysoko technologicznych sześciokanałowych włókien. Włókna te w kontakcie ze skórą zapewniają odpowiedni transport wilgoci, co stwarza doskonały komfort fizjologiczny.	179
Under Shirt Lady firmy Milo	27% poliamid 67% polipropylen 6% elastan	Koszulka Under Shirt Laydy wykonana jest z materiału o właściwościach antibakteryjnych. Zalecana na pierwszą warstwę odzieży chroniącej przed chłodem.	119

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań rynkowych

Tab.2. Wybrane przykłady ubiorów z jonami srebra

Nazwa produktu, producent	Skład surowcowy	Główne właściwości użytkowe podawane przez producentów	Cena, zł
Bluza damska z długim rękawem firmy Expedus	ZenSystem® Poliamid 100 %	Bluza damska wykonana jest z wysokiej jakości dzianiny <i>ZenSystem®</i> z jonami srebra, o właściwościach antybakteryjnych, zapobiegających przed nadmiernym rozwojem bakterii. Dżianina doskonale odprowadza nadmiar wilgoci na zewnątrz, dzięki czemu utrzymuje ciało w suchym i ciepłym mikroklimacie. Bluza może być stosowana jako pierwsza warstwa, najbliższej ciała.	99
Bluza termoaaktyw na męska z długim rękawem firmy Spaio	57% poliamid 35% polipropylen 5% elastan 3% silver	Koszulka męska termoaaktywna z jonami srebra wykonana jest z miękkiej przędzy o właściwościach bakterioostatycznych, antyalergicznycnch oraz antyzapachowych. Struktura dzianiny w połączeniu z jonami srebra ogranicza nadmierny rozwój powstających przy skórze bakterii, odprowadza wilgoć na zewnątrz, dzięki czemu skóra pozostaje zawsze sucha oraz zatrzymuje ciepło przy ciele.	144
Podkoszulka damska z długim rękawem firmy Syder	71% nylon, 19% poliester 3% elastan 7% X-Static	Podkoszulka wykonana jest z dzianiny o właściwościach antybakteryjnych i antystatycznych. Utrzymuje ciało ciepłe i suche, pozostaje bez zapachu nawet po wielokrotnym użyciu. Posiada płaskie szwy i anatomiczny krój, co sprzyja idealnemu dopasowaniu.	395

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań rynkowych

2. Metody inżynierii jakości

Inżynieria jakości jest terminem występującym w kwalitologii, lansowanym w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia przez R. Kolmana [4]. R. Kolman definiuje to pojęcie jako obszar kwalitologii stosowanej, naukowo zorganizowanego systemu działań projakościowych. Jednym z głównych celów inżynierii jakości jest liczbowe wyznaczenie jakości produktów, usług, ogólnie obiektów, przy pomocy różnych technik i wskaźników. Wg. S. Tkaczyka inżynieria jakości jest dyscypliną naukową stanowiącą dział kwalitologii stosowanej, wykorzystywaną do czynnego kształtowania w systemach gospodarczych ekonomicznie uzasadnionej, najkorzystniejszej jakości [5].

Metody inżynierii jakości w znacznej mierze dotyczą problematyki obiektywnej oceny produktów. Do takiej oceny można również wykorzystywać niektóre metody taksonomii, analizy czynnikowej oraz wielowymiarowej analizy porównawczej, ponieważ te dziedziny nauki obejmują zasady i procedury klasyfikacji, takie jak grupowanie, porządkowanie czy dyskryminacja. Istnieje związek między metodami inżynierii jakości, a taksonomią.

Ocena produktu może opierać się na jednej cesze, lub części, na wielu cechach. W

pierwszym przypadku mamy do czynienia z cząstkową oceną jakości, w drugim z oceną wielokryterialną. W różnych modelach oceny jakości, spotykanych w literaturze, prezentuje się następującą kolejność postępowania, prowadzącą do oceny jakości produktów [4, 6,7]:

- wybór cech jakościowych (cech diagnostycznych),
- określenie ważności cech,
- określenie parametrów granicznych dla poszczególnych cech,
- wyznaczenie metod normalizacji, czyli metod przekształcania wartości cech na liczby bezwymiarowe,
- określenie sposobu agregacji cech, a więc ustalenie konkretnego wskaźnika, który jest końcową oceną jakości i który zawiera w sobie poszczególne oceny cząstkowe.

Podstawowym zagadnieniem w metodach inżynierii jakości jest wybór cech, na których opiera się ocenę danego produktu. Jest oczywiste, że nie można wykorzystać wszystkich cech, które dotyczą danego wyrobu. Niektóre z nich są bliskoznaczne, a uwzględnienie wszystkich znacznie zwiększa czasochłonność oceny. Spotyka się różne systemy wyboru cech. Można je podzielić na dwie grupy: systemy opierające się na metodach statystycznych oraz systemy korzystające z merytorycznej wiedzy ekspertów.

Wyznaczenie współczynników ważności cech ma na celu określenie, które cechy powinny być preferowane w ocenie całego produktu. Stosuje się różne rozwiązania tego problemu, a najczęściej stosowanym jest system wag zróżnicowanych [7].

Parametry graniczne cech to ustalone wartości minimalne i maksymalne dla stymulant i destymulanta jakości oraz minimalne, optymalne i maksymalne dla nominant. Wyznaczenie parametrów granicznych dla każdej cechy diagnostycznej ma na celu ustalenie punktów odniesienia dla ocen cząstkowych.

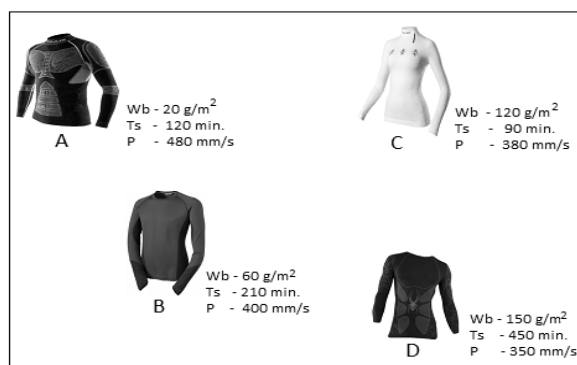
Metody normalizacji służą do przekształcania wartości cech na liczby bezwymiarowe. Mają na celu ujednoczenie różnych cech i ułatwienie ich wzajemnego porównania. W inżynierii jakości R. Kolmana stosowane są np. takie metody, jak metryzacja, segregacja szczegółowa czy porównanie stopniowane [4].

Końcowym elementem systemu oceny jest sposób łączenia poszczególnych cech w jedną wielkość, nazywaną też wskaźnikiem jakości. W zależności od punktu odniesienia, metody oceny obiektów wielocechowych, które łączą jedną formułą wybrane i zmierzone cechy diagnostyczne można podzielić na wzorcowe i bezwzorcowe [7]. Metody bezwzorcowe polegają na oszacowaniu wartości przeciętnej znormalizowanych cech diagnostycznych, np. średniej arytmetycznej, średniej geometrycznej lub średniej harmonicznej z ewentualnym uwzględnieniem współczynników ważności. Metody wzorcowe odnoszą ocenę do obiektu idealnego, uznanego za wzorcowy. Polegają na wyznaczeniu odległości obiektu ocenianego od wzorcowego. Stosuje się tu takie mierniki, jak odległość euklidesowa, Hamminga, czy odległość kątowa [6-8].

3. Wybrane przykłady zastosowań

Możliwości wykorzystania metod inżynierii jakości przedstawiono na przykładzie grupy artykułów zaliczanych do bielizny termoaktywnej. Przyjęto założenie, iż należy wykonać niezależną ocenę grupy produktów, wykonanych z nowoczesnych materiałów wielofunkcyjnych. Wyroby tego typu posiadają wiele różnych cech, które określają ich walory użytkowe. Do najbardziej istotnych należy zaliczyć: rodzaj włókien z których wytworzono materiał, a więc skład surowcowy, masę powierzchniową, wodochłonność względną i bezwzględną, przepuszczalność powietrza, przepuszczalność pary wodnej,

higroskopijność oraz czas schnięcia. Dla prostoty prezentacji przyjęto założenie, że do oceny wyrobów wybrano tylko 3 cechy diagnostyczne: wodochłonność bezwzględna Wb , czas schnięcia Ts oraz przepuszczalność powietrza P . Ocenie poddano grupę czterech wyrobów: A, B, C, D, a dla każdego z nich wyznaczono wartości wybranych cech (rys.1).



Rys.1. Grupa ocenianych produktów oraz wartości cech: Wb – wodochłonność, Ts – czas schnięcia, P - przepuszczalność powietrza. Źródło: badania własne

Po wyborze cech diagnostycznych kolejnym krokiem w tworzeniu systemu oceny jest ustalenie ich ważności. Ponieważ wybrano tylko trzy cechy (z wielu cech wybrano najważniejsze), przyjęto system wag stałych, w którym wszystkie cechy są jednakowo ważne.

W dalszym toku postępowania należało określić parametry graniczne oceny, a więc możliwie najmniejsze i największe wartości cech, jakie mogą się pojawić w wyrobach z grupy bielizny funkcjonalnej. Dla rozwiązania problemu wykorzystano specjalistyczną wiedzę z zakresu włókiennictwa i dokonano analizy każdej z wybranych cech.

Wodochłonność materiałów jest ważnym parametrem użytkowym, szczególnie dla odzieży bieliznianej. Określa zdolność do wchłaniania wody oraz wilgoci w postaci potu bezpośrednio z powierzchni skóry użytkownika. Wodochłonność bezwzględna definiuje się jako ilość wody, którą wchłonie materiał o powierzchni $1 m^2$. Jest to stymulanta jakości; im więcej wilgoci potrafi wchłonąć materiał, tym lepszą ocenę uzyska wyrób gotowy. Na podstawie badań własnych przyjęto założenie, że materiały stosowane na współczesną, bieliznianą odzież aktywną posiadają wodochłonność bezwzględna Wb w granicach $[20 - 200] g/m^2$. Oznacza to, że wyroby, które mają wartość Wb wynoszącą $20 g/m^2$ i mniej uzyskują najmniejszą ocenę cząstkową dotyczącą tej cechy. Analogicznie, wyroby, które mają wartość Wb wynoszącą $200 g/m^2$ i więcej, uzyskują ocenę największą.

Podobne rozumowanie przeprowadzono dla cechy o nazwie: czas schnięcia. Jest to czas potrzebny do całkowitego wysuszenia materiału o określonej powierzchni w warunkach normalnych. Wielkość tą oznaczono symbolem Ts . Mokry materiał sprawia niekorzystne wrażenie, powoduje powstanie nieprzyjemnego uczucia chłodu i obniża temperaturę na powierzchni skóry użytkownika. W takim przypadku organizm musi spożytkować dodatkową energię dla wyrównania strat ciepła. Czas schnięcia określa szybkość odparowania wilgoci z danego materiału. Im szybciej wilgoć odparowuje, tym uczucie chłodu trwa krócej i lepszą ocenę uzyska produkt; jest to więc destymulanta jakości. Na podstawie badań własnych przyjęto założenie, że materiały stosowane w aktywnych

wyrobach bieliżnianych posiadają czas schnięcia T_s w granicach [30 – 600] min. Oznacza to, że wyroby, które mają wartość T_s równą 600 min. i więcej uzyskują najmniejszą ocenę cząstkową dotyczącą tej cechy. Analogicznie, wyroby, które mają wartość T_s wynoszącą 30 min. i mniej, uzyskują ocenę największą.

Przepuszczalność powietrza P jest ważną cechą diagnostyczną dla wszystkich materiałów stosowanych na odzież. Wielkość ta określa szybkość przepływu powietrza przez jednostkową powierzchnię materiału przy ustalonej różnicy ciśnień. W przypadku aktywnych wyrobów bieliżnianych wymaga się, aby przepuszczalność była duża, co umożliwi szybkie odprowadzenie dwutlenku węgla z powierzchni ciała i doprowadzenie tlenu. Duża przepuszczalność ułatwia także odprowadzenie par potu. Jest to stymulanta jakości. Na podstawie badań własnych ustalono, że materiały występujące w współczesnej odzieży bieliżnianej posiadają przepuszczalność powietrza P w granicach [300 – 900] mm/s. Oznacza to, że wyroby, które mają wartość P wynoszącą 300 mm/s i mniej uzyskują najmniejszą ocenę cząstkową dotyczącą tej cechy. Analogicznie, wyroby, które mają wartość P równą 900 mm/s i więcej, uzyskują ocenę największą. Wartości graniczne cech diagnostycznych dla ocenianej grupy wyrobów przedstawiono w tabeli 3.

Tab. 3. Ustalone wartości graniczne cech diagnostycznych

Rodzaj cechy	Wartość maksymalna	Wartość minimalna
Wodochłonność bezwzględna Wb , g/m ²	10	200
Czas schnięcia T_s , min.	30	600
Przepuszczalność powietrza, P , mm/s	300	900

Źródło: badania własne

Wartości wybranych cech diagnostycznych dla ocenianej grupy produktów bieliżnianych wyznaczono stosując metody laboratoryjne. Wyniki przedstawiono w tabeli 4.

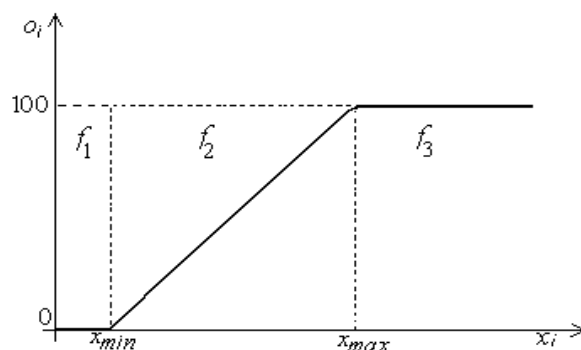
Tab.4. Wartości cech diagnostycznych badanych produktów

Oceniane produkty	Wodochłonność bezwzględna Wb , g/m ²	Czas schnięcia T_s , min	Przepuszczalność powietrza, P , mm/s
A	20	120	480
B	60	210	400
C	120	90	380
D	150	350	450

Źródło: badania własne

Wyznaczone wartości cech nie pozwalają jeszcze na dokonanie oceny całkowitej i jednoczesne porównanie wszystkich produktów. Cechy charakteryzujące badane produkty są różnymi wielkościami i w różnym stopniu określają ich poziom jakościowy. Dlatego wartości cech należy poddać procesowi normalizacji, który umożliwi ich porównanie i eliminację wymiarów. W inżynierii jakości R. Kolmana proces ten nazywa się relatywizacją cech [4]. Procedury tego typu powinny doprowadzić różne cechy do ich wzajemnej porównywalności, ujednolicić sposób oddziaływania na łączną ocenę wyrobu oraz wyrównać przedziały zmienności. Znanych jest wiele metod normowania cech. Są to np. rangowanie, przekształcenia ilorazowe, transformacja oparta na funkcjach

segmentowych i wiele innych [6-8]. Proces normalizacji najlepiej traktować jako funkcję, która wartościom danej cechy przypisuje liczby bezwymiarowe z zamkniętego przedziału liczbowego, najczęściej [0, 1] lub [0%, 100%]. W takim układzie wartość „0” odpowiada ocenie najmniejszej z możliwych, a wartość „1” lub 100% - ocenie największej. Korzystne jest przyjęcie przedziału procentowego. Wtedy wyznaczona wartość znormalizowana cechy, która wynosi np. 76% oznacza, że produkt w 76% realizuje cząstkowy poziom jakościowy, a poziom ten jest o 24% mniejszy od stanu idealnego. W prezentowanym artykule stosowano normalizację liniową i nieliniową drugiego stopnia opartą na funkcjach segmentowych [9]. Przykład liniowej funkcji segmentowej dla stymulanty pokazano na rys. 2.



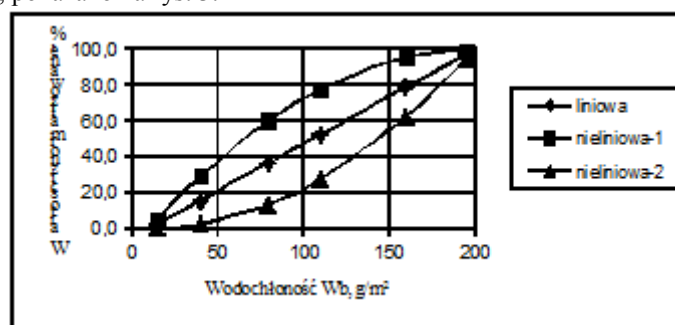
Rys. 2. Przebieg funkcji segmentowej dla stymulanty, o_i - ocena cząstkowa cechy, x_{min} , x_{maks} - wartości minimalna i maksymalna cechy, x_i - wartość cechy dla danego produktu, f_1 - f_2 - poszczególne segmenty funkcji. Źródło: [9]

Funkcja składa się z trzech segmentów: f_1 , f_2 , f_3 . W segmencie pierwszym, gdzie wartości cechy są mniejsze od wartości minimalnej x_{min} (wartości są poza przedziałem zmienności $[x_{min}, x_{max}]$), wartość funkcji wynosi 0%, funkcja jest stała, a ocena cząstkowa jest najmniejsza z możliwych. W segmencie trzecim, gdzie wartości cechy są większe od wartości maksymalnej x_{max} , wartość funkcji wynosi 100%, tu także funkcja jest stała i produkt otrzymuje najlepszą ocenę cząstkową. Z kolei w przedziale zmienności oceny cząstkowe wynikają z odpowiednio dobranej funkcji normalizacyjnej. Należy podkreślić, że dla typowych produktów wartości ich cech diagnostycznych znajdują się w przedziale zmienności. Jednak może się zdarzyć, że pojawi się produkt, dla którego wartość którejś z cech będzie większa lub mniejsza niż ustalone parametry graniczne. Segmenty f_1 oraz f_3 są przeznaczone właśnie dla takich przypadków. Stąd uniwersalizm funkcji segmentowych, które pozwalają na dokonanie jednoznacznych ocen cząstkowych dla wszystkich możliwych do wystąpienia wartości cech diagnostycznych.

Funkcje normalizacyjne dla każdej z cech można wyznaczyć na podstawie znajomości parametrów granicznych. Należy ustalić, czy sposób przekształcania wartości cech ma przebiegać liniowo czy nieliniowo, ponieważ od tego w znacznym stopniu zależy końcowy wynik oceny dla całego produktu. Przyjęcie odpowiedniej funkcji umożliwi bardziej lub mniej restrykcyjną ocenę, większy lub mniejszy rozrzut ocen całkowitych w grupie wyrobów, a więc określa także czułość metody oceny. Różne rodzaje funkcji normalizacyjnych, mogące być przydatne w badaniach grupy wyrobów zaliczanych do bielizny funkcjonalnej, przedstawiono na przykładzie wodochłonności bezwzględnej Wb , która jest stymulantą jakości. W tym przykładzie parametry graniczne to 10 i 200 g/m², a

więc przedział zmienności możliwych do wystąpienia wartości cech wynosi $[10, 200]$ g/m^2 . Dla wyznaczenia analitycznej postaci funkcji liniowej typu $y = ax + b$ należy skorzystać ze znanego wzoru na równanie prostej przechodzącej przez dwa punkty. Wstawiając wartości 10, 200 g/m^2 do tego wzoru otrzymuje się odpowiednią postać funkcji liniowej, rosnącej w segmencie f_2 : $y = 0,5263x - 5,2632$. Funkcja ta umożliwia jednoznaczne wyliczenie ocen cząstkowych dla danej cechy. Przebieg tej funkcji w przedziale zmienności pokazano na rys 3.

W przypadku zależności nieliniowej drugiego stopnia są dwie możliwości, które wynikają z dwóch różnych postaci trójmianu kwadratowego: $y = ax^2+bx+c$ oraz $y = -ax^2+bx+c$. Jedną postać obrazuje fragment paraboli (przebiegającej tylko w przedziale zmienności, a więc w obszarze f_2), której ramiona skierowane są w dół, a wartości funkcji zwiększa się do maksimum równym 100%, osiągniętym dla największej wartości cechy. W omawianym przykładzie jest to wartość 200 g/m^2 (rys. 3). Druga możliwość to wybór paraboli z ramionami skierowanymi w górę. Funkcja będzie rosła od najmniejszej wartości cechy (w omawianym przykładzie jest to wartość 10 g/m^2) do górnej granicy przedziału zmienności. Przebieg omawianych funkcji normalizacyjnych, liniowej i nieliniowych, pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Przykłady funkcji normalizacyjnych w przedziale zmienności dla wodochłonności Wb . Oznaczenie "nieliniowa-1" dotyczy funkcji $y = -ax^2+bx+c$, "nieliniowa-2" funkcji $y = ax^2+bx+c$. Źródło: badania własne

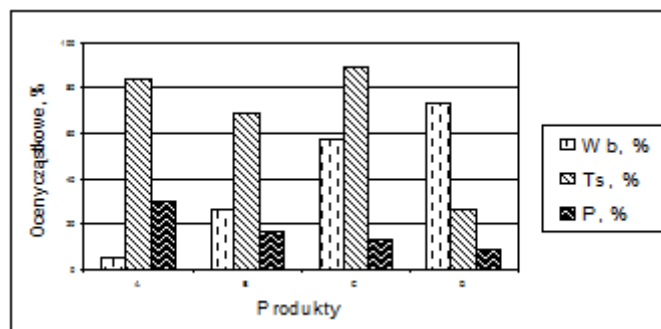
Analogiczne rozumowanie i sposób wyznaczania funkcji segmentowych należy przeprowadzić dla pozostałych cech: czasu schnięcia Ts oraz przepuszczalności powietrza P . W wyniku takiego postępowania, dla określonych wartości cech badanych wyrobów otrzymano różne oceny cząstkowe. W tab. 5. zestawiono badane produkty oraz wyznaczone dla nich oceny cząstkowe, wyrażone w %.

Tab.5. Wyniki ocen cząstkowych badanych produktów przy zastosowaniu normalizacji liniowej

Oceniane produkty	Wodochłonność bezwzględna Wb , %	Czas schnięcia, Ts , %	Przepuszczalność powietrza, P , %
A	5	84	30
B	26	68	17
C	58	89	13
D	74	26	8

Źródło: badania własne

Dane przedstawione w tab. 5 zobrazowano graficznie na rys. 4.



Rys. 4. Oceny cząstkowe badanych produktów włókienniczych otrzymane w wyniku normalizacji liniowej. Źródło: badania własne

Badane produkty, posiadające różne wartości cech diagnostycznych otrzymały proporcjonalnie różne oceny cząstkowe. I tak np. wodochłonność *Wb* posiada najmniejszą ocenę dla produktu A wynoszącą zaledwie 5% w porównaniu do wartości najlepszej. Dla produktu C cecha ta otrzymała ocenę 74% i jest największa dla grupy ocenianych wyrobów. Po procesie normalizacji można łatwo porównywać wyroby pod względem poszczególnych cech diagnostycznych. Otrzymane, znormalizowane wartości ocen cząstkowych, widoczne w tabeli 5 i na rys. 4 są strukturą jakości poszczególnych wyrobów. Jednak w dalszym ciągu nie można dokonać łącznej, całkowitej oceny wszystkich produktów biorąc pod uwagę wybrane cechy diagnostyczne.

Całkowita ocena jakości wyrobu *Oc* wynika z wartości poszczególnych cech diagnostycznych i jest funkcją znormalizowanych ocen cząstkowych o_i . Wyraża to ogólna zależność, będąca funkcją wielu zmiennych [8]:

$$O_c = f(o_1, o_2, \dots, o_n) = f(o_i) \quad (1)$$

gdzie: *O_c* – całkowita ocena jakości,
 o_i – oceny cząstkowa *i*-tej cechy diegnostycznej,
f – sposób łączenia ocen cząstkowych w jedną wielkość.

Ostatnim etapem procedur wykorzystujących metody inżynierii jakości jest określenie sposobu wyznaczenia oceny całkowitej *O_c*, a więc podanie szczegółowej postaci ogólnego równania (1).

W prezentowanym artykule przedstawiono model bezwzorcowy, zmodyfikowaną metodę opartą na średniej ważonej, która uwzględnia mierniki niejednorodności ocen cząstkowych dla danego produktu [8]. Zastosowanie tej metody w znacznym stopniu ogranicza problem kompensacji cech który powoduje, że mniejsze wartości cech danego produktu są rekompensowane przez wartości większe. Należy przyjąć, że produkty o wysokim poziomie jakości charakteryzują się wysokimi ocenami cząstkowymi, a oceny te nie są zbyt różnicowane; produkt jaki jest jednorodny jakościowo. Niejednorodność jakościowa produktu charakteryzowana jest przez rozstęp *Ro* ocen cząstkowych o_i : duża wartość rozstępu świadczy dużej niejednorodności jakościowej i w związku z tym oceny całkowite dla takiego produktu powinny być mniejsze. Rozstęp ocen cząstkowych przedstawia zależność:

$$Ro = o_{\max} - o_{\min} \quad (2)$$

gdzie: Ro - rozstęp ocen cząstkowych, miernik niejednorodności jakościowej,

o_{\max}, o_{\min} - ocena największa i najmniejsza dla danej cechy.

Uwzględnienie rozstępu Ro w ocenie całkowitej może mieć charakter liniowy lub nieliniowy. Zależność liniową przedstawiają funkcje monotoniczne malejące typu $y = ax + b$, przy czym y odpowiada ocenie całkowitej Oc , x odpowiada rozstępowi Ro . Uwzględniając podane założenia należy przyjąć następującą, liniową zależność oceny całkowitej od rozstępu Ro :

$$Oc = Sr - \varepsilon Ro \quad (3)$$

gdzie: Oc – ocena całkowita wyrobu,

Sr – ocena oparta na średniej arytmetycznej lub średniej ważonej,

ε - liniowy współczynnik obniżenia oceny, stała danego modelu,

Ro - rozstęp ocen cząstkowych.

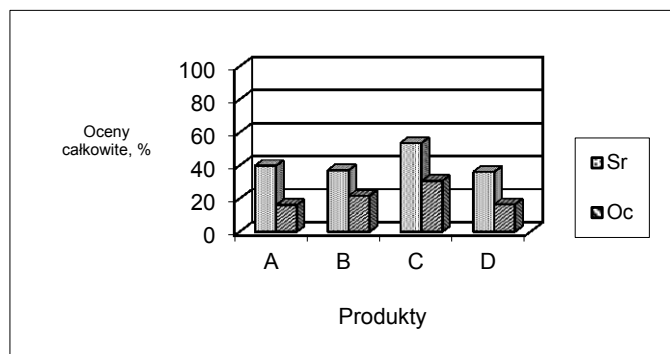
Na uwagę zasługuje parametr ε . Jest to stała danego modelu oceny, której wartości zawierają się w przedziale liczbowym $[0, 1]$. W zależności od tego parametru ma miejsce większe lub mniejsze zmniejszenie oceny całkowitej. Ponadto wprowadzenie ε zapobiega pojawianiu się rzadkich, lecz możliwych przypadków, kiedy rozstęp Ro jest większy od średniej, wtedy oceny miałyby wartość ujemną.

Wyznaczone wartości ocen cząstkowych, przedstawione w tab. 5, umożliwiają jednoczesną oceną wszystkich produktów. Wyniki takich ocen, gdzie wykorzystano zależność (3), przedstawiono w tabeli 6 oraz na rys. 5.

Tab.6. Wyniki ocen całkowitych badanych produktów, wyrażone w %

Oceniane produkty	Rozstęp ocen cząstkowych, Ro	Średnia ważona Sr	Ocena z uwzględnieniem niejednorodności jakościowej Oc
A	79	40	16
B	51	37	22
C	76	54	31
D	66	36	17

Zródło: badania własne



Rys. 5. Oceny całkowite badanych produktów włókienniczych

Zródło: badania własne

Wyniki badań przedstawione w tab. 5 i na rys. 4 oraz w tab. 6 i na rys. 5 pozwalają na dokonanie szczegółowej analizy jakościowej dotyczącej zarówno poszczególnych cech diagnostycznych, jak i wszystkich ocenianych produktów. Badana grupa wyrobów z materiałów funkcjonalnych charakteryzuje się dużą zmiennością cech, co istotnie wpływa na ich zróżnicowanie jakościowe. Wartości ocen cząstkowych, uzyskane w wyniku normalizacji liniowej, podane w tab. 5 oraz na rys. 4 umożliwiają poznanie, które cechy produktów A, B, C, D otrzymały ocenę najmniejszą, a które największą. Umożliwia to dokonanie wyboru wyrobu o najlepszych parametrach ze względu na jedną cechę. Jeżeli np. zależy nam na dobrej przepuszczalności powietrza, to należy wybrać produkt A. Gdy preferujemy czas schnięcia (destymulanta jakości), to należy wybrać produkt A lub C. W przypadku ocen całkowitych najwyższą wartość otrzymał produkt C, który w 54 % spełnia wymagania jakościowe dla oceny *Sr* jako średnia ważona i w 31 % dla oceny *Oc*, która uwzględnia rozstęp ocen cząstkowych. Oceny te wynikają z ustalonych parametrów granicznych, przedstawionych w tab. 3. Wszystkie koszulki charakteryzują się dużą niejednorodnością jakościową ze względu na wybrane 3 cechy diagnostyczne, stąd ich małe oceny całkowite w porównaniu do ocen *Sr*. Niejednorodność jakościowa, reprezentowana przez rozstęp ocen cząstkowych, jest największa dla produktu A i wynosi 79% (tab.6). Najmniejszą niejednorodnością charakteryzował się produkt B. Produkt C, który uzyskał największą ocenę całkowitą, także posiada dużą niejednorodność jakościową wynoszącą 76%. Jednak duże wartości ocen cząstkowych tego produktu dla wodochłonności bezwzględnej oraz czasu schnięcia zrekompensowały niejednorodność jakościową i umożliwiły uzyskanie oceny najwyższej w całej grupie produktów.

4. Możliwości i ograniczenia w stosowaniu metod inżynierii jakości

Przedstawione wyniki badań, oparte na przykładzie koszulek wykonanych z materiałów wielofunkcyjnych, wskazują na szerokie możliwości wykorzystania metod z zakresu inżynierii jakości w tworzeniu systemów służących do niezależnej oceny różnych produktów rynkowych.

Można postawić pytanie: jaki jest sens stosowania metod inżynierii jakości do oceny różnych produktów? Przecież konsumenci, użytkownicy wybierają i oceniają produkty wg własnych preferencji i upodobań. Należy jednak podkreślić, że prezentowane metody nie mają na celu zastąpienie, czy wyeliminowanie ocen konsumenckich. Opracowywana metodyka niezależnych ocen może i powinna wykorzystywać opinie konsumenckie, np. podczas wyboru cech najważniejszych, podczas określania parametrów granicznych. Wyniki ocen, prezentowane w czasopismach fachowych, na stronach internetowych organizacji konsumenckich lub w biuletynach jako obiektywne rankingi produktów, mogą istotnie zracjonalizować decyzje o zakupie, ułatwić dokonanie trafnego wyboru kupowanego produktu i być przeciwwagą wszechobecnej reklamy.

Do najważniejszych zalet metod z zakresu inżynierii jakości należy naliczyć:

- poznanie struktury jakościowej wyrobu przez wyznaczenie ocen cząstkowych,
- możliwość oceny grupy wyrobów z uwzględnieniem wielu cech jednocześnie i poznanie struktury jakościowej wyrobów w danej grupie asortymentowej,
- wykonanie ocen niezależnych od indywidualnych gustów i upodobań,
- możliwość wspierania decyzji o zakupie i wyboru produktów najbardziej odpowiadających określonym wymaganiom,
- możliwość prezentowania obiektywnych rankingów wyrobów,

- wykorzystanie w konkursach nagród jakości,
- możliwość łatwego dostosowania opracowanego już systemu oceny do zmieniających się warunków rynkowych przez korektę parametrów granicznych oraz współczynników ważności cech.

Prezentowane metody posiadają także szereg ograniczeń. Do najważniejszych należy zaliczyć:

- ocena produktów nie zawsze jest zgodna z preferencjami konsumentami,
- występuje konieczność żmudnego ustalenia parametrów granicznych,
- należy wykonać szereg badań laboratoryjnych dla obiektywnego wyznaczenia wartości wybranych cech diagnostycznych,
- występuje konieczność korzystania z opinii ekspertów podczas analizy cech i ustalania parametrów granicznych oceny.

Literatura

1. Bartkowiak G, Pabich A.: Modelowanie numeryczne wymiany ciepła między człowiekiem i otoczeniem. Przegląd WOS, nr 10, 2010, 30-33.
2. Janicka J., Mielicka E., Massalska-Lipińska T.: Materiały kompozytowe na bazie dzianin pluszowych na odzież o wielofunkcyjnych właściwościach. Przegląd WOS nr 11, 2010, 39-41.
3. Bendkowska W., Wrzosek H.: Transport pary wodnej przez tekstylia odzieżowe. Przegląd Włókienniczy nr 6, 2001, s. 20-24.
4. Kolman R.: Inżynieria jakości, PWN, Warszawa, 1992.
5. Tkaczyk S.: Trendy w inżynierii jakości. Problemy Jakości nr 10, 2006, s. 8-11.
6. Borys T.: Elementy teorii jakości, PWN, Warszawa, 1981.
7. Grabiński T., Wydymus S., Zeliaś A.: Metody taksonomii numerycznej w modelowaniu zjawisk społeczno-gospodarczych, PWN, Warszawa 1984.
8. Pfeifer S. : Modele oceny jakości na przykładzie wybranych wyrobów włókienniczych, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, Kraków, 2010.
9. Pfeifer S. : An Application of Linear Normalization to Quality Assessment of Goods. Current Trends in Commodity Science, vol. 1, The Poznań University of Economics Publishing House, Poznań 2005, s 205-211.

Dr hab. Stanisław Pfeifer
 Mgr inż. Elżbieta Piekarczyk
 Katedra Towaroznawstwa Przemysłowego
 Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie,
 31-510 Kraków, ul. Rakowicka 27
 tel./fax: 12-293-78-68
 e-mail: pfeifers@uek.krakow.pl
 epiekarczyk@interia.pl