

**MAGDALENA OWCZAREK**  
Instytut Architektury Tekstyliów  
Politechniki Łódzkiej

## **WYKORZYSTANIE KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU DO OCENY JEDNORODNOŚCI STRUKTURY WYBRANYCH TKANIN<sup>1</sup>**

Recenzenci: **prof. dr hab. inż. Janusz Szosland, Politechnika Łódzka,**  
**prof. dr hab. inż. Marian Szczerek, Politechnika Radomska**

*W pracy podjęto próbę określenia nowych parametrów opisu i metodyki oceny jednorodności struktury tkaniny. Jednorodność zdefiniowano jako powtarzalność najmniejszego wycinka (raportu splotu) oraz powtarzalność zbioru tych elementarnych wycinków. Celem rozprawy było opracowanie metody do oceny jednorodności struktury dla tkanin, w których ta własność jest jedną z najważniejszych (tkaniny barierowe, filtry przemysłowe, inne) z wykorzystaniem cyfrowej analizy obrazu.*

### **1. WPROWADZENIE**

Współczesny rozwój cywilizacji przemysłowej stawia coraz wyższe wymagania wyrobom włókienniczym szczególnie tym, które mają stanowić skuteczne bariery przepływu, przechodzenia lub przenikania: płynów, gazów, powietrza, promieniowania różnego pochodzenia oraz ciał o różnej wielkości. Są to filtry przemysłowe, odzież barierowa, chroniąca przed promieniowaniem UV, wirusami XXI wieku: HIV, HBV, HCV oraz konstrukcje tekstylne: spadochrony, namioty, żagle, poduszki pneumatyczne, itp. W tego typu wyrobach, obok su-

---

<sup>1</sup> Opracowanie jest streszczeniem rozprawy doktorskiej autorki. Promotorem jest Prof. dr hab. inż. Józef Masajtis.

rowca, rodzaj struktury i jego równomierność mają decydujący wpływ na bezpieczeństwo osób, np. ratownictwa medycznego.

Jednorodność tkanin, choć szeroko opisana w literaturze, wciąż nie jest w wystarczającym stopniu poznana i jednoznacznie zdefiniowana. Szczególnie brak jest badań w kierunku oceny bezpośredniego wpływu autoregulacji struktury tkaniny, podczas jej tworzenia, na jednorodność struktury tkaniny wewnątrz raportu i międzyraportowo. Jednorodność struktury tkaniny jest najczęściej utożsamiana z parametrami podziałki, liczości, itp. Natomiast jest ona ściśle związana z parametrami surowca i technologii włókienniczych, a dokładniej:

- z rodzajem i jednorodnością surowca włóknotwórczego,
- z parametrami i jednorodnością przędz tkackich,
- z parametrami technologicznymi procesu tkania [1].

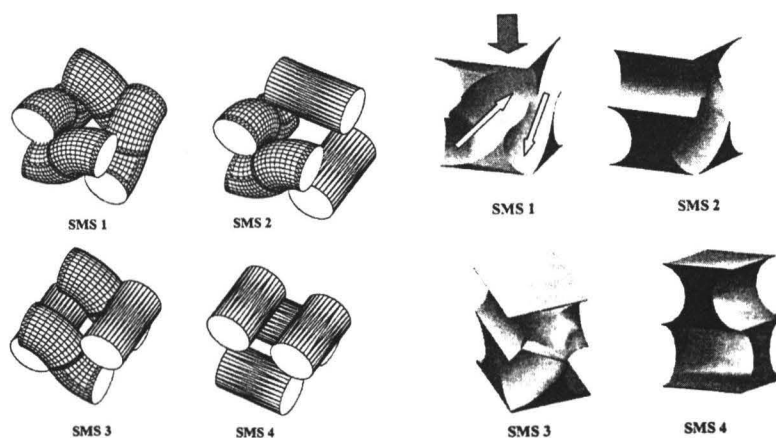
Modele geometryczne struktury tkaniny budowane przez wielu naukowców: J. Murphi, T.L.W. Bailey, F.T. Peirce, B. Oloffson, M.S. Pesce, A.S. Wrigley, S. Backer, N. Nowikow (fazy struktury tkaniny), W.I. Smirnow, i wielu innych wyłaniają parametry struktury do jej projektowania i weryfikacji. Przy różnych założeniach upraszczających, powstała baza powszechnie używanych parametrów opisujących strukturę tkaniny. Wartości poszczególnych parametrów, dla określonych tkanin, posiadają swoje wartości optymalne i dopuszczalne odchylenia. W zależności od wymagań stawianych tkaninom, np. filtracyjnym, zakres tych odchyżeń jest mocno zawężony. Przy tego typu tkaninach pełna identyfikacja jej struktury powinna być oparta na wielu szczegółowych parametrach nawet w wielowymiarowej przestrzeni [2].

Zmieniając wartości podstawowych parametrów struktury tkaniny takich jak: średnice nitki osnowy  $d_o$ , wątku  $d_w$ , strzałki ugięcia osnowy  $h_o$ , wątku  $h_w$ , oraz podziałki nitki osnowy  $A_o$ , wątku  $A_w$ , uzyskuje się różne fazy strukturalne tkaniny. Współczynnik wypełnienia powierzchni osnową  $Z_o$  i wątkiem  $Z_w$ , przy ocenie barierowości, informuje o względnej ilości porów. Wszystkie modele geometryczne nie dają jednak dokładnej odpowiedzi, co dzieje się w rzeczywistej strukturze tkaniny. Na uwagę w tym miejscu zasługuje nowatorskie podejście do analizy struktury tkanin barierowych zaproponowane przez prof. J. Szoslanda [3, 4]. W roku 1999 rozpoczął on cykl prac badawczych, dotyczących modelowania kanałów między nitkami. Autor wyróżnia cztery moduły strukturalne, rodzaje przestrzeni dla wszystkich splotów (rys. 1).



Rys. 1. Tkacka notacja splotowych modułów strukturalnych (SMS).  
Źródło [3, 4] J. Szosland.

Każdy z nich ma inną charakterystykę geometryczną. Tkanina będąca kombinacją tych modułów w danym miejscu może mieć inne własności barierowe. Okazuje się, iż kształt kanałów w wymiarze 3D obok faz struktury, surowca i chemicznej obróbki odgrywa decydującą rolę w kształtowaniu barierowości wyrobu (rys. 2).



Rys. 2. Moduły strukturalne i ich przestrzenie międzynitkowe w tkaninie.  
Źródło [3, 4] J. Szosland.

Powyższe modelowanie przestrzeni międzynitkowych wskazują na konieczność prowadzenia dalszych badań w tym kierunku. Pozwoli to na skuteczne i wydajne filtrowanie różnych substancji oraz barierowość tkanin.

Dodatkowym potwierdzeniem ważności problematyki dokładniejszego opisywania struktury tkaniny jest praca M. Barburskiego [6] realizowana pod kierunkiem prof. J. Szoslanda. W pracy tej zajmowano się kompozytami wielowarstwowymi tkaninowymi, przeznaczonymi na ochronę balistyczną. Badano dwie tkaniny. Ogólna ocena parametrów: masy powierzchniowej, liczności osnowy i wątku, masy liniowej przędz obu układów tych tkanin wykazała, że są one identyczne. Badania balistyczne wykazały, jednak zróżnicowane własności mechanicznych i różne ich wytrzymałości balistyczne określone przebiciem pocisku. Wykonano szczegółowe badania. Wykazano różne powierzchnie oporu tych tkanin. Praca dowodzi jak wiele zależy od prawidłowo zaprojektowanej i przebadanej struktury tkaniny, nawet życie ludzkie.

Dotychczasowe prace potwierdzają potrzebę badania jednorodności struktury tkaniny w sposób bardzo dokładny i wszechstronny. Struktura tkaniny nie jest monolitem, którego parametry średnie opisują jej zmienną budowę. Stwierdzono również, iż nikt do tej pory przy badaniu struktury tkaniny nie uwzględniał oceny tkaniny w obrębie raportu i między nim. Wobec powyższego, w pracy przyjęto definicję jednorodności struktury tkaniny jako powtarzalność w raporcie i pomiędzy nim nie tylko parametrów opisujących nitki, ale także prześwitów, ich wielkości, kształtu i położenia. Zmiany w obszarach prześwitów mogą świadczyć, np.: o różnicach naprężenia nitek osnowy, czy nagłego osłabienia

i bliskiej destrukcji nitki w procesie tkania. Cały proces wytwarzania tkaniny jest tak złożonym procesem, dlatego w celu wyznaczenia ścisłego parametru jednorodności struktury tkaniny należy przeanalizować kolejne etapy i zjawiska towarzyszące tworzeniu tkaniny na krośnie.

Nierównomierność struktury tkaniny jest wynikiem wpływu nie tylko napięcia osnowy, ale również chwili zamknięcia przesmyku, wysokości przeważu, położenia krzyżulca jak również parametrów nierównomierności nitek oraz innych zakłóceń. Łączne ich oddziaływanie zawiera się w tzw. autoregulacji struktury tkaniny, ponieważ tworzenie struktury tkaniny jest procesem dynamicznym. Tkanina wytwarzana w procesie tkania nie zmienia parametrów swej budowy w sposób natychmiastowy, lecz charakteryzuje się pewną „inercyjnością”. Zagadnieniem tym zajmował się czeski uczyony S. Nosek oraz inni badacze. W latach osiemdziesiątych w Instytucie Mechanicznej Technologii Włókna Politechniki Łódzkiej pod kierunkiem prof. J. Masajtisa wykonano cykl prac badawczych poruszających problematykę wpływu parametrów tkania na strukturę tkaniny w oparciu o teorię autoregulacji Noska [7, 8, 9, 10,11]. W powyższych pracach ocenę jednorodności oparto na subiektywnym oszacowaniu wartości współczynnika zmienności podziałki wątku. Należy stwierdzić, iż na jednorodność struktury tkaniny składa się nie tylko informacja o podziałkach nitek, ale również wielkość, kształt i położenie prześwitu, co ma ogromne znaczenie przy tkaninach np.: filtracyjnych, barierowych. W ich przypadku, szczególnie dokładnie należy uściślić parametr jednorodności, który powinien być wyznaczony metodą całkowicie obiektywną.

## 2. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Praca podejmuje próbę analizy raportu splotu i jego powtarzalności jako najmniejszego do tej pory uznawanego powtarzającego się fragmentu tkaniny o danym splocie. W pierwszej kolejności określono najistotniejsze parametry uzyskiwane z komputerowej analizy obrazu, stanowiące podstawę oceny jednorodności struktury tkaniny. Zweryfikowano te parametry na obrazach tkaniny jeansowej z zaburzeniami struktury i bez nich. Kolejnym etapem było opracowanie metody oceny jednorodności wewnątrzraportowej i międzyraportowej, którą zweryfikowano na obrazach teoretycznych - komputerowo wytworzonych. Ostatecznie posłużyła ona do oceny wpływu parametrów tkania i warunków atmosferycznych na jednorodność struktury tkaniny o splocie płóciennym, wytworzonej na krośnie Saurer 100 W.

Zakres pracy obejmował:

1. Zbudowanie stanowiska badawczego do komputerowej analizy obrazu.
2. Opracowanie metodyki analizy jednorodności struktury tkanin przygotowanie autorskiego oprogramowania.
3. Zweryfikowanie programu i metodyki.

4. Wykonanie 30 wariantów tkaniny w eksperymencie badającym wpływ parametrów nastawczych krosna i warunków atmosferycznych na jednorodność struktury tkaniny o splocie płóciennym, wykonanej na krośnie Saurer 100 W.

## 2.1. Stanowisko badawcze

Stanowisko badawcze składa się z 5 modułów:

- Moduł 1 kształtowania obrazu optycznego: mikroskop, oświetlacz, stolik (skonstruowano dwukierunkowo przesuwany stolik o dużo większej płaszczyźnie pomiarowej niż standardowo).
- Moduł 2 przetwarzania obrazu optycznego na sygnał elektryczny – kamera.
- Moduł 3 przetwarzania sygnału elektrycznego na obraz cyfrowy - przetwornik A/C.
- Moduł 4 umożliwiający przetwarzanie i analizę obrazu cyfrowego - komputer, autorski program *MagFABRIC*- opracowano autorski program do analizy obrazów tkaniny.
- Moduł 5 wizualizacji wyników - monitor, drukarka.

Opracowano autorski program *MagFABRIC* do analizy jednorodności struktury tkanin z wykorzystaniem komputerowej analizy obrazu. Program przygotowano na bazie specjalistycznej wiedzy dotyczącej komputerowej analizy obrazu polskich i zagranicznych autorów, m.in.: Materki A., Tadeusiewicza R., Strzeleckiego M., Gonzales R.C., Bovic A. i wielu innych [12, 13, 14, 15, 16, 17].

Program zawiera rozbudowane moduły do podstawowej analizy obrazu cyfrowego jak: wstępne przetwarzanie i segmentacja, jak również specjalistyczne procedury do wydzielania, rozpoznawania i interpretacji obiektów analizy, stanowiących podstawę opisu jednorodności struktury tkaniny. Przygotowane procedury pozwalają na ścisłą identyfikację obiektów: podziałek nitek i prześwitów międzynitkowych w kolejności ich występowania, co umożliwia dostęp do informacji w każdym kolejnym raporcie tkaniny z danego obszaru, nie tylko jednego obrazu, ale kilku (po operacji sklejania).

Pierwszym etapem analizy cyfrowego obrazu to wstępne przetwarzanie obrazu. Na podstawie dostępnej literatury krajowej i zagranicznej wykonano klasyfikacje metod poprawy jakości obrazu wydzielając dwa etapy: I - korekcji zniekształceń po akwizycji oraz II - poprawę jakości obrazu.

W programie *MagFABRIC* dla pierwszego etapu przygotowano procedury do identyfikacji zniekształceń radiometrycznych wynikających z nierównomiernego oświetlenia i szumu pochodzącego od układu transmitującego sygnał obrazu, oraz do identyfikacji zniekształceń geometrycznych układu optycznego



Rys. 3. Stanowisko doświadczalne

i elektronicznego. Dla poprawy jakości obrazu, w programie MagFABRIC przygotowano obszerną bazę operacji filtrujących, opartą na punktowych oraz przestrzennych metodach przekształcania danych pikseli w obrazie.

Kolejnym etapem analizy cyfrowej obrazu jest segmentacja, która obejmuje obszar działań na obrazie po procesie wstępnego przetwarzania, a przed analizą poszczególnych obiektów tego obrazu. Celem tego procesu jest wydzielenie obiektów z przefiltrowanego obrazu. W wyniku tej operacji otrzymujemy obraz binarny, w którym wartość logiczna 1 jest obiektem, natomiast wartość 0 identyfikuje tło. W programie MagFABRIC wykorzystano metody segmentacji z dwóch możliwych grup segmentacji: przez podział obszaru i przez rozrost obszaru.

Kolejny etap analizy to wydzielenie obiektów. Na proces ten składa się poprawa obrazu binarnego, jeszcze nie doskonałego po segmentacji, który zawiera ubytki, dziury, pojedyncze zaśmiecenia. Konieczna jest poprawa obrazu binarnego, która przygotowuje badane obiekty do analizy ilościowej. W programie MagFABRIC przygotowano moduł przekształceń morfologicznych, które pozwalają na punktowe przeanalizowanie i przekształcenie wydzielonych obiektów i ich poprawę oraz inne specjalistyczne procedury pozwalające wydzielić i opisać obiekty w obrazie.

Specjalistyczne procedury do analizy obrazu tkaniny w programie MagFABRIC to:

- moduł wyznaczania podziałek układów nitek,
- moduł wyznaczania prześwitów międzynitkowych,
- moduł wyznaczania raportu splotu.

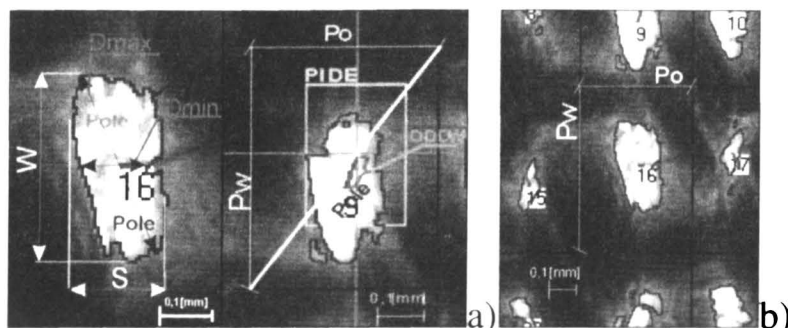
Podziałki osnowy i wątku określono za pomocą wykresów profili osnowy i wątku, których wartości określono na podstawie wartości poziomów jasności pikseli na określonych liniach poziomych i pionowych.

Parametry charakteryzujące strukturę tkaniny to również prześwity międzynitkowe. Moduł rozpoznawania obszarów prześwitów oparto na metodzie „analizy skupień - klasterów” (ang. *cluster analysis*).

## 2.2. Metodyka oceny jednorodności struktury tkaniny

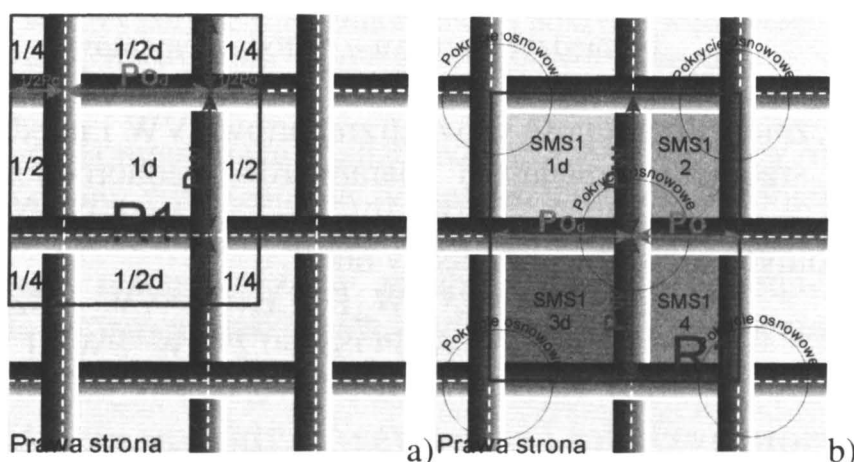
Metodykę oceny jednorodności struktury tkaniny oparto na parametrach: wielkości, kształtu i położenie prześwitu nitkowego lub innego elementu struktury np.: pokrycia wątkowego lub osnowowego. W tym: zmienność pola  $V_{POLE}$ , jego kształtu  $V_{KSZT}$ , ocenianego pod kątem: spłaszczenia  $V_{Feret}$ , owalności  $V_{AspR}$  i stopnia rozwinięcia brzegów  $V_{FormF}$  i położenia względem siatki  $V_{ODDW}$ . Jak również, parametry wielkości podziałek nitek obu układów  $V_{POSN}$ ,  $V_{PWAT}$ , przyporządkowanych do konkretnych prześwitów.





Rys. 4. Parametry jednorodności struktury tkaniny: a) wielkość, kształt i położenie prześwitu międzynitkowego, b) wielkości podziałek nitek

Do celów badania jednorodności struktury tkaniny o splocie płóciennym w aspekcie wewnątrz i międzyraportowym, koniecznym było określenie raportu zawierającego w całości prześwity, czyli 4 splotowe moduły strukturalne typu SMS1 (splotowy moduł strukturalny) o przeciwnych orientacjach, według badań prof. Szoslana.

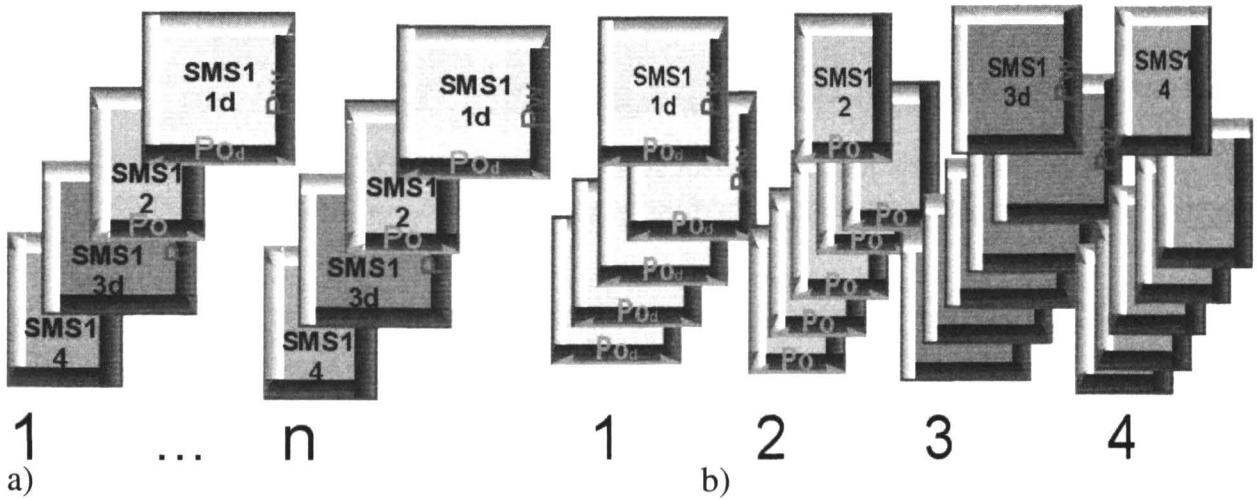


Rys. 5. Raport splotu płóciennego: a) w ujęciu standardowym, b) w ujęciu modułowym

Metodykę oceny wewnątrzraportowej jednorodności struktury tkaniny oparto na pomiarze: średniej sumy zmienności danego parametru z modułów w obrębie raportu.  $VW_{-parametr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{WRi}(M)$ , gdzie  $n$  - liczba badanych raportów.

Natomiast, metodykę jednorodności międzyraportowej określano za pomocą dwóch metod: elementów i średnich. W pierwszej z nich sortowano poszczególne moduły z raportów. Z nich określano średnią zmienność danego parametru.  $VM_{e-parametr} = \frac{1}{4} \sum_{M=1}^4 (V_{MR}(1), \dots, V_{MR}(4))$ , gdzie 4 - liczba modułów w raporcie splotu płóciennego.

Natomiast w metodzie średnich określano średnie z raportów i na podstawie tych średnich określano ich średnią zmienność.  $VM_{\delta\_parametr} = \frac{\delta_{MR}}{\bar{x}_{MR}} \cdot 100\%$ .



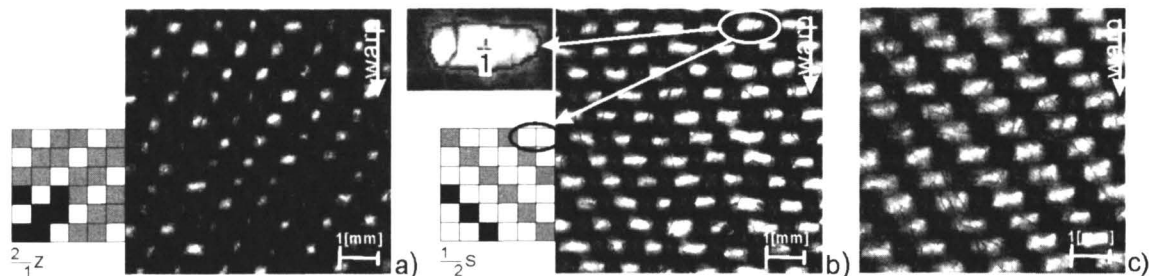
Rys. 6. Metodyka oceny jednorodności: a) wewnątrzraportowa, b) międzyraportowa – metoda elementów

Ostatecznie jednorodność wewnątrzraportowa VW i międzyraportowa VM to sumy średnich zmienności parametrów jednorodności (VW\_POLE, VW\_KSZT, VW\_POSN, VW\_PWAT, VW\_ODDW, VW\_RIDW) z poszczególnych raportów i pomiędzy nimi.

$$\begin{aligned} VW \text{ lub } VM &= 0,2 \cdot VW\_POLE + 0,2 \cdot VW\_KSZT \\ &+ 0,2 \cdot VW\_POSN + 0,2 \cdot VW\_PWAT \\ &+ 0,1 \cdot VW\_ODDW + 0,1 \cdot VW\_RIDW \end{aligned}$$

### 2.3. Weryfikacja parametrów jednorodności

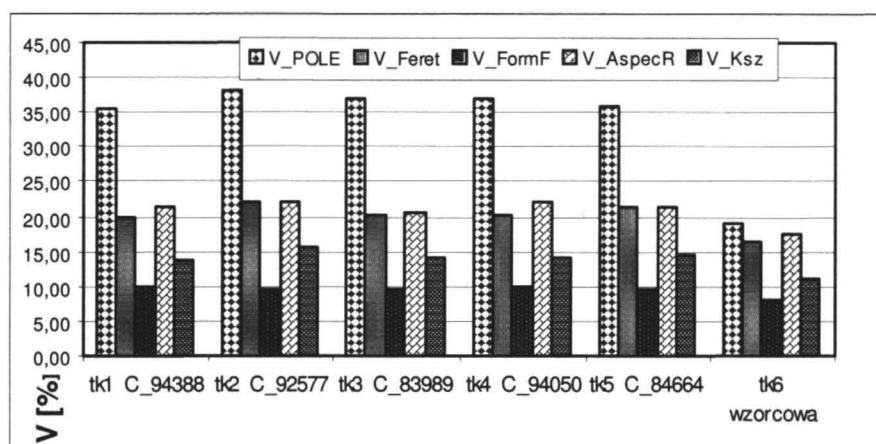
Przeprowadzono weryfikację parametrów jednorodności struktury na tkaninie rzeczywistej typu Jeans. Elementem splotu, zamiast prześwitu, było pokrycie wątkowe lewej strony tkaniny.



Rys. 7. Tkanina typu jeans: a) prawa strona tkaniny z zakłóceniem, b) lewa strona tkaniny wraz elementem splotu - pokrycie wątkowe, c) lewa strona tkaniny wzorcowej



Cel weryfikacji obejmował określenie przyczyny zakłócenia struktury 5 wariantów tkaniny typu jeans w relacji z tkaniną wzorcową. Za pomocą autorskiego programu MagFABRIC, stwierdzono brak różnic między wariantami zakłóconej struktury i dużą nierównomierność parametru pola dla tych tkanin w stosunku do tkaniny wzorcowej.

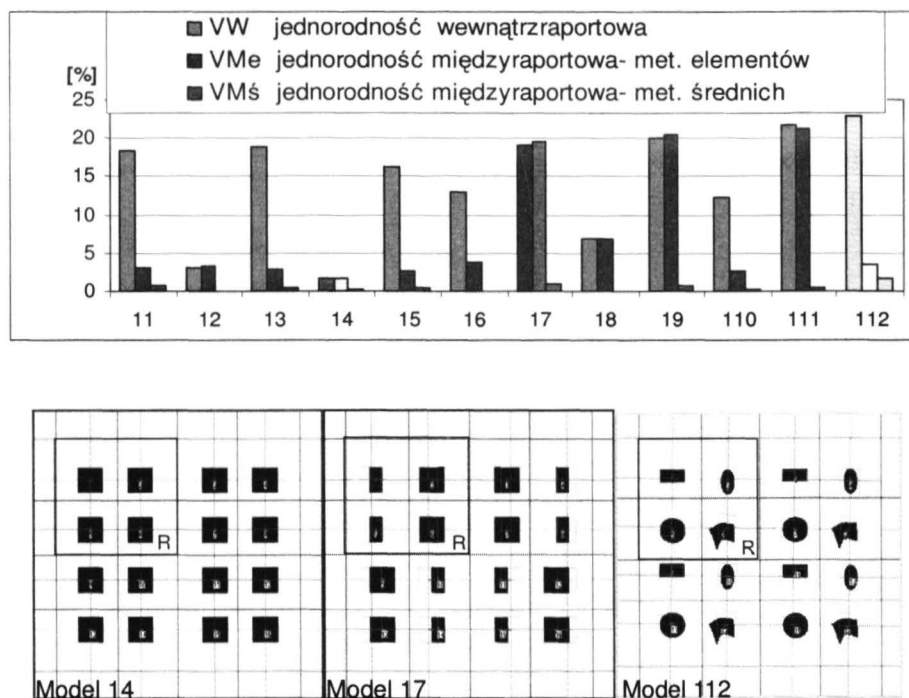


Rys. 8. Wykres parametrów jednorodności pokrycia wątkowego lewej strony tkaniny typu jeans i tkaniny wzorcowej

Przeprowadzono komputerową analizę jednorodności średnicy obu układów nitek zakłóconej tkaniny typu jean, na odcinkach krótkich, średnich i długich. Otrzymane wyniki porównano z diagramami Uster Statistic 2001, w których wyraźnie zauważono niedopuszczalny poziom zmienności średnicy przędzy osnowowej co było przyczyną zakłócenia struktury tkaniny typu jeans.

## 2.4. Weryfikacja metodyki wewnątrz i międzyraportowej

Weryfikację metodyki wewnątrz i międzyraportowej przeprowadzono na obrazach sztucznie wygenerowanych o znanym zakłóceniu wewnątrz i międzyraportowym. Jak widać na rysunku 9, jednorodność wewnątrzraportowa została oszacowana prawidłowo. W przypadku jednorodności międzyraportowej, określano dokładność dwóch metod: elementów i średnich. Stwierdzono bardzo małą dokładność metody średnich, dlatego do dalszych badań wybrano metodę elementów, która dokładniej reaguje na zmienności wielkości, kształty i położenia elementów.



Rys. 9. Wyniki weryfikacji metodyki wewnątrzVW i międzyraportowej VM

## 2.5. Eksperyment

Część doświadczalna pracy obejmuje eksperyment, w którym określano: wpływ parametrów tkania i warunków atmosferycznych na jednorodność struktury tkaniny o splocie płóciennym.

**Wielkości wejściowe** to: zmienne napięcie wstępne osnowy, chwila zamknięcia przesmyku, położenie przewału i położenie krzyżulca.

**Wielkości wyjściowe** to: VW jednorodność wewnątrzraportowa i VM jednorodność międzyraportowa tkaniny.

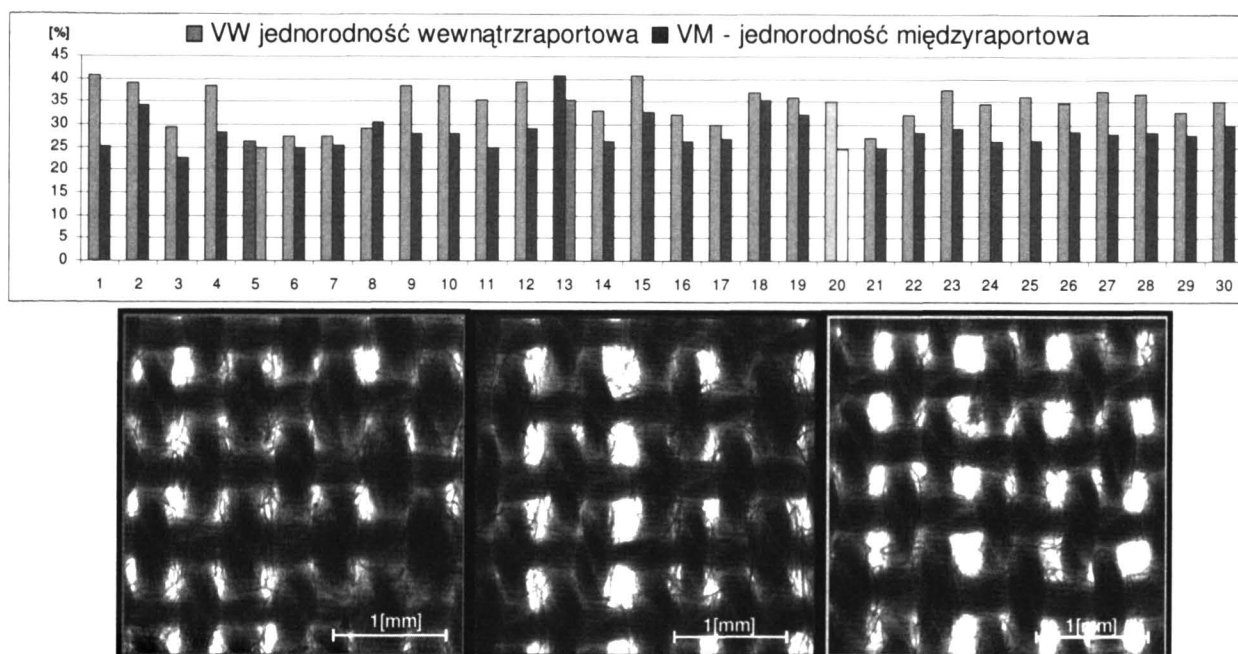
**Wielkości stałe** to: stałe parametry osnowy i wątku oraz stała liczność wątku i osnowy przy przewlekaniu podwójnym nitkami osnowy przez struny płochy.

**Wielkości zakłócające** to: zmienność przędzy i zmienne parametry powietrza: temp, wilgotności i ciśnienia w laboratorium.

Wykonano 30 wariantów tkaniny o splocie płóciennym przy 4 wielkościach wejściowych na 5 poziomach. Zakresy tych wielkości ustalono w najszerszych granicach. Otrzymane tkaniny z eksperymentu poddano klimatyzacji, akwizycji w stałych warunkach, a następnie badaniu jednorodności struktury tkaniny w programie MagFABRIC. Badania przeprowadzono po wcześniejszym ustaleniu algorytmu procedur obejmujących obróbkę wstępną obrazu, jej segmentacji oraz identyfikacji jej parametrów.

Na podstawie przeprowadzonej komputerowej analizy obrazu tkanin otrzymano wyniki jednorodności struktury tkaniny. Zmiany parametrów wejściowych

spowodowały powstanie różnej jednorodności struktury tej samej tkaniny. Wy różnić należy trzy charakterystyczne grupy struktur.



Rys. 10. Wyniki z części eksperymentalnej

Pierwsza grupa tkanin to najbardziej równomierna struktura wewnątrz- i międzyraportowa. W tym przypadku tkanina miała zdolność do samoautoregulacji struktury tkaniny mimo podwójnego przewlekania przez struny płochy.

Druga grupa tkanin to tkaniny z charakterystycznym, mocno widocznym śladem płochy w postaci grupowania osnowy. W tym przypadku mamy bardzo dobrą jednorodność międzyraportową i dużo gorszą jednorodność wewnątrzraportową. Tkanina nie miała możliwości do autoregulacji. Regulatorem w tym przypadku była płocha.

Trzecia grupa tkanin o niejednorodnej strukturze zarówno wewnątrz jak i międzyraportowo. Struktura nie miała wystarczająco silnej autoregulacji.

Przeprowadzono analizę regresji dla parametrów VW jednorodności wewnątrzraportowej i VM międzyraportowej, gdzie zmiennymi niezależnymi były wielkości wejściowe z eksperymentu. Stwierdzono najściślejsze zależności wielkości wejściowych i warunków atmosferycznych na VW oraz VM. Natomiast optymalizacja tych równań, w badanym zakresie, pozwoliły określić min. i max tej funkcji, czyli najlepsze i najgorsze warunki procesu tkania dla parametrów jednorodności VW i VM.

## 2.6. Podsumowanie z części eksperymentalnej

- Wykazano wpływ wilgotności na jednorodność wewnątrz VW i między raportową VM. Wysoka wilgotność obniża współczynnik tarcia  $\mu$ . Niski

- współczynnik tarcia  $\mu$  zmniejsza wartość sił wewnętrznych, czyli sprzężeń wewnętrznych autoregulacji.
- Położenie przewału, czyli zewnętrzne sprzężenie autoregulacji wywołuje różny rozkład napięć w gałęziach przesmyku, co wpływa istotnie na autoregulację struktury tkaniny. Wysokie położenie sprzyja lepszej jednorodności wewnątrzraportowej, natomiast niskie – międzyraportowej.
  - Badania potwierdzają teorię Noska o korzystnym wpływie niskiego minimalnego napięcia wstępnego osnowy na jednorodność struktury tkaniny, które powinno być równe  $Q_{\text{omin}}$  na granicy dobiecia zluźniającego sprężyste-go na jednorodność struktury tkaniny w obszarze raportu i poza nim.
  - Stwierdzono istotny wpływ chwili zamknięcia przesmyku w interakcji ze wstępnym napięciem osnowy na jednorodność wewnątrzraportową. Wraz ze wzrostem kąta otwarcia przesmyku pogarszają się warunki autoregulacji struktury. Fakt ten potwierdza spostrzeżenia teoretyczne Noska.
  - Położenie krzyżulca ma swoje istotne znaczenie szczególnie przy jednorodności międzyraportowej, ale i nie mniej przy jednorodności wewnątrzraportowej (optymalizacja VW). Zmianą położenia krzyżulca zmieniamy długość osnowy, a to wpływa na napięcie osnowy.
  - Obecność krzyżulca, niezwiązanego sztywno z krosnem, może wywoływać drgania osnowy. Zauważono, iż obecność dodatkowych pików na wykresie dynamicznego napięcia osnowy, tuż po dobieciu, pozytywnie wpływa na tworzoną strukturę. Tak jak to sugeruje Nosek, zastosowanie wibracyjnego dobiecia zmniejsza współczynnik tarcia i korzystnie wpływa na autoregulację struktury tkaniny.

### 3. WNIOSKI

1. Zdefiniowano dwa nowe parametry struktury tkaniny: jednorodność wewnątrzraportową VW i jednorodność międzyraportową VM. Parametry te, obok dotychczasowych parametrów struktury, stanowią podstawę praktycznej oceny, przydatności danej struktury w dwóch różnych aspektach: wewnątrz i międzyraportowych.
2. Wykazano wpływ warunków tkania jak również warunków atmosferycznych na jednorodność wewnątrzraportową VW i międzyraportową VM. W wyniku tego uzyskano możliwość modelowania jednorodnością struktury tkaniny w aspekcie raportu i poza nim za pomocą parametrów nastawczych krosna i atmosfery.
3. Eksperyment pozwolił ocenić zjawisko autoregulacji struktury tkaniny w procesie tkania w oparciu o teorię Noska. Zjawisko zaistniało, mimo wymuszenia wynikającego z podwójnego przewlekania nitek osnowy przez płochę.

4. Opracowano nowatorską, obiektywną, dokładną, szybką, niedestrukcyjną metodę pomiaru jednorodności struktury tkanin w aspekcie wewnątrzraportowym VW i międzyraportowym VM, wykorzystując cyfrową analizę obrazów. Opracowana metodyka otwiera szerokie możliwości identyfikowania i określania jakości wyrobu, począwszy od tkaniny filtracyjnej do tkaniny z plastycznym zamierzonym strukturalnym zakłóceniem i obejmuje wszystkie jednowarstwowe tkaniny bez ograniczeń. Korekty mogą wymagać tkaniny o innych splotach i surowcach. Stanowi to cel dalszych badań.

Informacja o wielkości, kształcie i położeniu prześwitów międzynitkowych oraz o podziałkach obu układów nitek w ujęciu wewnątrz- i międzyraportowym pozwoliła uzyskać możliwość oceny jednorodności struktury tkanin, czyli jej powtarzalności, jakości, a co za tym idzie przydatności. Parametry struktury tkaniny stosowane do tej pory nie odzwierciedlają rzeczywistych własności tkanin. Na podstawie uzyskanych wyników z eksperymentu nasuwa się fundamentalny wniosek, iż tkanina do celów filtracyjnych, barierowych nie może być traktowana jako monolityczny twór, identyfikowalny za pomocą średnich wartości parametrów. Zmiana struktury tkaniny, polegająca na zmianie ułożenia nitek – kratownicy powoduje diametralną zmianę własności, która może nie być wychwycona przez parametry globalne. Zjawisko to bardzo istotnie wpływa na własności różnych tkanin, szczególnie tkanin filtracyjnych, barierowych. Tkaniny o różnych wartościach parametrów jednorodności wewnątrzraportowej VW i międzyraportowej VM, mogą mieć różne własności np. dynamicznej przepuszczalności powietrza w warunkach rzeczywistych np. spadochronu, przepuszczalności promieniowania lub przenikania mikrobów. Zmiana struktury tkaniny może również wpływać na zmianę własności mechanicznych i rozłożenia wewnętrznych naprężeń. Jest to kolejna wątpliwość, która wskazuje konieczność kontynuowania tych badań.

## LITERATURA

- [1] **Masajtis J.:** Budowa i projektowanie tkanin, Łódź 1991.
- [2] **Masajtis J.:** Analiza strukturalna tkanin, Łódź 1999.
- [3] **Szosland J.:** Modelowanie przestrzeni między nitkowych w tkaninie, Przegląd Włókienniczy, 1999, 6, s.16-20.
- [4] **Szosland J.:** Modelowanie strukturalnej barierowości tkanin, Przegląd Włókienniczy, 2003, 8, s.17-1.
- [5] **Cyburt E.:** Komputerowa analiza przestrzeni międzynitkowych w tkaninie, praca dyplomowa, PŁ, 1999.
- [6] **Barburski M.:** Modelowanie struktur kompozytów wielowarstwowych tkaninowych przeznaczonych na ochronę balistyczną, praca dyplomowa PŁ, 2001.
- [7] **Szewczyk A.:** Wpływ napięcia wstępnego osnowy na równomierność podziałki wątku, praca dyplomowa PŁ, 1979.
- [8] **Czajka W.:** Zależność między podziałką wątku a dynamicznym napięciem osnowy, praca dyplomowa PŁ, 1980.

- [9] Pomorska G.: Wpływ warunków tkania na jednorodność struktury tkaniny, praca dyplomowa PŁ, 1980.
- [10] Uduł T.: Wpływ warunków tkania na jednorodność podziałki osnowy i wątku. Metody pomiaru podziałek, praca dyplomowa PŁ, 1981.
- [11] Sikorski K.: Wpływ częstotliwości zakłóceń struktury tkaniny na jej wygląd, praca dyplomowa PŁ, 1981.
- [12] Materka A.: Elementy cyfrowego przetwarzania i analizy obrazów, PWN, Warszawa - Łódź 1991.
- [13] Tadeusiewicz R., Korohoda P.: Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów, wyd. FPT, Kraków 1997.
- [14] Tadeusiewicz R., Flasiński M.: Rozpoznawanie obrazów, WNT, Warszawa 1991.
- [15] Zieliński K.W., Strzelecki M.: Komputerowa analiza obrazu biomedycznego, PWN Warszawa-Łódź 2002.
- [16] Gonzalez R.C., Wood R.E.: Digital Image Processing Addison - Wesley Publishing Company, New York 1993.
- [17] Bovik A.: Handbook of Image & Video Processing, Academic Press USA, 2000.

## **USING OF DIGITAL IMAGE ANALYSIS FOR EVALUATION OF SELECTED FABRIC STRUCTURE HOMOGENEITY**

### **Summary**

In this thesis an attempt was undertaken to define new parameters of fabric structure homogeneity assessment and methodology. Homogeneity is defined as repeatability of the smallest segment (weaving repeat) and repeatability collection of these segments. The objective of this thesis was to prepare the method for assessment homogeneous structure of textiles, for which this property is the most important (barrier textiles, industry filters and others) using digital image analysis.

Institute of Architecture of Textiles  
Technical University of Lodz