

섬유 원단 품질 검수를 위한 초분광 이미징 분석 방법 연구

박성빈, 이호영, 김연주, 우종형, 박홍원, 김종훈
한국섬유소재연구원
e-mail:linus007@koteri.re.kr

A study on on Hyperspectral imaging Analysis Methods for Fabric defect Inspection

Seongbin Park, Hoyoung Lee, Yeonju Kim, Jonghyung Woo,
Hongwon Park, Jonghoon Kim
Korea High Tech Textile Research Institute

요약

최근 디지털제조 이슈 증가와 함께 초분광 이미징에 대한 관심과 도입이 늘어나고 있다. 섬유 산업의 경우 의류폐기물 분류, 재활용품 분류와 같이 제한적으로 활용되고 있지만 결점에 대한 검수를 비롯하여 다양한 응용이 가능할 것이다. 본 연구는 이러한 초분광 이미징 분석에 있어서 결점 유무를 판단하는데 필요한 방법을 개발하는데 목적을 둔 연구에 관한 연구이다. 초분광 이미징 분석을 위해 3개의 서로 다른 혼용율을 가지는 불량 원단을 대상으로 데이터를 수집하였다. 분류 분석을 위한 알고리즘을 적용하여 불량과 정상 영역에 대한 분광 정보를 추출한 후 해당 원단 및 비교 대상 원단을 대상으로 정상 영역에서 추출한 분광 정보를 대입하였다. 이를 통해 정상영역에서 추출한 분광정보가 동일한 혼용율을 가진 다른 원단에서도 정상 부위를 분류하는데 활용이 가능함을 확인하였고 결점에 대한 영역을 구분할 수 있었다.

1. 서론

최근 산업계에 초분광 이미징 분석에 대한 관심이 증가하고 있다. 초분광 이미징(HSI, HyperSpectral imaging)은 공간 정보에 분광 기술을 더한 것으로 지질 상태, 기상, 하천, 작물 생장 등을 확인하는데 사용되었으며 HW 및 SW기술의 발달과 함께 환경, 국방, 헬스케어, 식품, 농업 등으로 영역을 넓혀가고 있다[1]. 특히 디지털 제조에 대한 이슈가 증가하면서 머신 비전에 대한 기술 발전과 함께 최근에는 식품에 대한 품질 검수나 분류에 목적을 둔 시스템도 개발되고 있는 실정이다.

섬유와 관련한 산업의 경우 의류폐기물 분류, 소재별 재활용품 분류와 같이 제한적으로 연구개발이 이루어지고 있으나 점진적으로 영역이 확대될 것으로 기대한다[2].

섬유 산업 내 염색가공 공정의 경우 불량 검수를 위해 육안 검사를 대체하고자 머신 비전을 이용한 시스템이 지속적으로 등장하고 있다. 하지만 이러한 머신 비전 시스템의 경우 불량으로 판정하는 다양한 유형의 불량에 대해 이미지 분류에 따른 지도학습과 같이 머신러닝 방식이 가장 보편적이다. 이때 불량 유형에 따라 원인 분석이 가능하지만 오일류나 이물질과 같이 형태를 특정할 수 없거나 일반 디지털 카메라나 산

업용 카메라를 통해 구분이 어려운 형태의 불량 유형에 대해서는 한계를 가진다. 또한 머신 비전 시스템에서 불량에 대한 분류 모델 개발 및 정확도 향상을 위해서는 매우 많은 학습용 데이터를 요구한다. 반면 초분광 이미징 분석은 동일한 영상에서 얻을 수 있는 픽셀의 수가 늘어남에 따라 더 많은 데이터를 통해 알고리즘을 개발하고 분석함으로써 정밀한 분석이 가능하며 특히 분류 모델 개발에 필요한 학습용 데이터 수집 시에도 마찬가지로 기존에 비해 더 적은 데이터(결점이 있는 원단)로 검사 모델 개발이 가능해질 것이다.

본 연구는 이러한 초분광 이미징 분석을 통해 불량 유무를 판단하는데 필요한 방법을 개발하는데 목적을 둔 연구이다.

2. 연구방법

2.1 측정 원단 선정

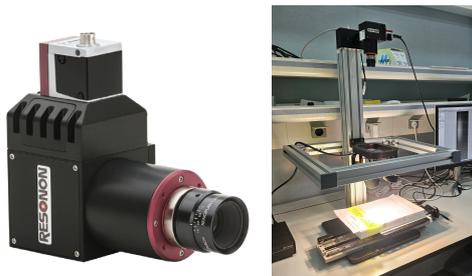
서로 다른 3개의 혼용율을 가지는 원단에 대한 불량 원단을 대상으로 수행하였으며 분석에는 1종 이상의 동일 혼용율 및 불량을 가지는 원단을 대상으로 수행하였다(표 1).

[표 1] 측정 및 비교용 원단 현황

No.	혼용율 (Sample Code)	불량 유형	비교	색상
1	면 100% (C_M)	얼룩(변짐)	분석	
2	면 100% (C_M_C)	-	비교	
3	면 100% (C_S)	얼룩	분석	
4	면 100% (C_S_C)	뿔림/접힘	비교	
5	레이온 96% 폴리우레탄 4% (R_L)	위단	분석	
6	레이온 96% 폴리우레탄 4% (R_L_C)	위단	비교	

2.2 데이터 수집 및 전처리

본 논문에서 사용된 초분광영상은 미국 Resonon에서 개발한 PIKA-L(900 spatial pixels, 281 spectral channels) 모델로써 해당 장비에 의해 측정되는 분광범위는 400~1,000nm으로 가시광영역과 근적외선영역을 포함하고 있다[그림 1]. 데이터 분석을 위한 전처리 및 분석은 Resonon에서 제공하는 소프트웨어인 Spectron V3.4.11을 사용하였다. 분석은 최초 측정된 데이터에 대한 분석 속도를 높이기 위해 원하는 영역을 지정(Crop wavelengths, Crop Spatially)하였으며 Smoothing을 통해 보정하였다. Smoothing은 초분광 이미징 분석에서 가장 일반적으로 사용되는 Savitzky-golay Filter를 사용하였다.



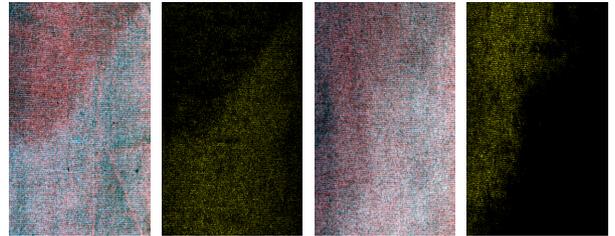
[그림 1] Resonon PIKA-L 카메라 및 workbench

2.3 유사도 분석

전처리를 완료 한 후 유사도 분석을 위해 육안으로 확인 가능한 정상 영역과 불량 영역을 지정한 후 이에 대한 평균 반사율(Mean Spectrum)을 수집하고 유사도 분석을 수행하였다. 본 연구에서 사용된 유사도 분석은 SAM(Spectral Angle Mapper)을 적용하였는데[3, 4] 이때 정상과 불량 영역의 분류가 가시적으로 구분이 되지 않은 경우 유클리드 거리(Euclidean Distance)를 사용하였다.

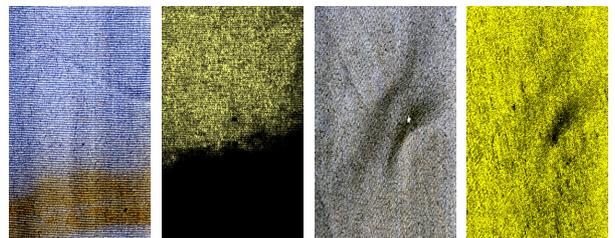
3. 결과

면 100%(C_M)에 대한 스펙트럼 이미지를 분석한 결과 정상 부위(그림 2의 좌측 이미지 하단)와 얼룩(변짐)과 유사한 유형의 불량 부위(그림 2의 좌측 이미지 상단)에 대해 서로 다른 반사율 경향을 확인하였다. 이를 통해 SAM을 이용한 유사도 분석을 수행한 결과 정상 영역이 나타남을 확인하였다(그림 2의 중간 좌측). 또한 이때 얻은 분광 정보를 동일 원단의 동일한 유형의 불량을 가진 비교군(C_M_C)에 대입하여 유사도를 분석한 결과 얼룩(변짐)이 있는 부위(그림 2의 중간 우측 이미지 하단)에 대해서는 영역을 지정하지 않고(검정 색 부위) 정상 부위에 지정됨을 확인하였다(그림 2의 우측).



[그림 2] 정상영역 스펙트럼을 적용한 유사도 분석(C_M)

면 100%(C_S)에 대한 스펙트럼 이미지를 분석한 결과 정상 부위(그림 3의 좌측 이미지 상단)와 얼룩과 유사한 유형의 불량 부위(그림 3의 좌측 이미지 하단)에 대해 서로 다른 반사율 경향을 확인하였다. 이를 통해 SAM을 이용한 유사도 분석을 수행한 결과 정상 영역이 나타남을 확인하였다(그림 3의 중간 좌측). 또한 이때 얻은 분광 정보를 동일 원단의 다른 불량을 가진 비교군(C_S_C)에 대입하여 유사도를 분석한 결과 뿔림이 있는 부위와 접힌 부위(그림 3의 중간 우측)에 대해서는 영역을 지정하지 않고(검정 색 부위) 정상 부위에 지정됨을 확인하였다(그림 3의 우측).



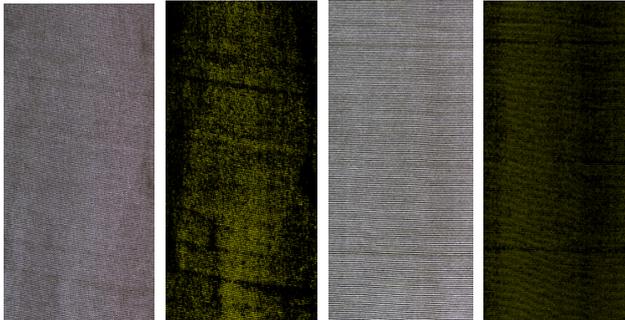
[그림 3] 정상영역 스펙트럼을 적용한 유사도 분석(C_S)

레이온 96% 폴리우레탄 4%(R_L)에 대한 스펙트럼 이미지를 분석한 결과 정상부위(그림 4의 좌측)와 위단(Horizon Line) 유형의 불량 부위에 대해 서로 다른 반사율 경향을 확인하였다. 이를 통해 SAM을 이용한 유사도 분석을 수행한 결과, 정확한 영역에 대한 가시적인 확인이 되지 않아 유클리드 거리를 이용하여 정상 영역이 나타남을 확인하였다(그림

4의 중간 좌측). 또한 이때 얻은 분광 정보를 동일 원단의 다른 불량률 가진 비교군(R_LC)에 대입하여 유사도를 분석한 결과 위단이 있는 부위(그림 4의 중간 우측)에 대해서는 영역을 지정하지 않고(검정 색 부위) 정상 부위에 지정됨을 확인하였다(그림 4의 우측).

문, 경북대학교 대학원, 6월, 2019년.

- [4] 박정서 외, “초분광영상의 분광라이브러리를 이용한 토지 피복분류의 정확도 향상에 관한 연구”, 지적과 국토정보, 제 46권 2호, pp. 239-251, 12월, 2016년.



[그림 4] 정상영역 스펙트럼을 적용한 유사도 분석(R_L)

4. 결론

본 연구는 초분광 카메라를 통해 수집한 정보를 분석하여 불량률의 유무를 판단하는데 필요한 방법을 개발하기 위해 서로 다른 3종의 원단을 대상으로 정상 영역과 불량 영역에서의 스펙트럼을 분석, 정상 영역의 Mean Spectrum을 기준으로 한 유사도 분석을 통해 가시적으로 정상 영역을 지정하고 비정상 영역을 지정하지 않은지를 비교하였다. 본 연구의 결과를 통해 정상 영역에 대한 기준을 다른 원단에 적용함으로써 비정상 영역을 도출하는데 도움을 줄 것으로 기대된다. 향후 후속 연구를 통해 비정상 영역의 불량 유형에 대한 기준을 별도로 도출하여 적용함으로써 불량 영역에 대한 기준을 도출하고자 한다. 본 연구는 다양한 유형의 섬유 원단 및 염색 가공 공정, 불량 유형에 대해 분광 정보를 도출함으로써 분광 라이브러리를 구축, 품질 검수와 같은 시스템에 탑재함으로써 참조기준으로 활용되어질 것으로 기대된다.

5. Acknowledgments

이 논문은 정부(과학기술정보통신부, 문화체육관광부)의 재원으로 한국연구재단(전통문화혁신성장융합연구개발사업)의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호:RS2023-0031889)

참고문헌

- [1] 이문섭 외, “초분광 이미징 기술동향”, 전자통신동향분석, 제 34권 1호, pp. 86-97, 1월, 2019년.
 [2] 농심엔지니어링, <https://www.xraysolution.co.kr/>
 [3] 허수현, “초분광 이미지 분석을 이용한 자색 고구마 말랭이의 건조시간에 따른 PLSR 수분 함량 예측, 석사학위논문