

초분광 이미징 측정에 따른 분광밴드의 특성을 이용한 빠른 PET 원단 선별 방법에 관한 연구

박성빈*, 이호영*, 우종형*

*한국섬유소재연구원

e-mail:linus007@koteri.re.kr

A Study on Rapid Method for PET Fabric Sorting Using Characteristics of Spectral Bandwidth of Hyperspectral Imaging

Seongbin Park*, Hoyoung Lee*, Jonghyung Woo*

*Korea High Tech Textile Research Institute

요약

본 연구는 초분광 이미징 측정을 통해 추출한 분광 정보에 대해 각 파장대 밴드의 변화양상을 반영하여 빠르게 PET 원단을 선별하기 위한 방법에 관한 연구이다. 초분광 이미징 측정을 통해 총 7종의 원단으로부터 분광 정보를 도출하였으며, 분광정보에 대한 적합한 유사도 알고리즘을 적용하여 각 원단간 선별가능여부를 확인하였다. 이때 도출한 분광정보에 대한 각 파장대 밴드의 변화양상을 관찰하여 PET 원단이 가지는 판별관여 파장대에 대한 다른 섬유로 조성된 원단과의 차이점을 확인하였다. 이를 통해 파장대간 변곡 형태를 반영한 의사결정나무를 개발하여 PET 원단에 대한 선별 여부를 판정하였다. 또한 각 원단에서 랜덤하게 추출된 분광 정보를 이용하여 의사결정나무에 반영해봄으로써 선별이 가능함을 확인하였다. 본 연구의 결과는 향후 더 다양한 조성으로 구성된 원단으로부터 측정된 분광정보를 통해 정확성을 높이고자 하며 빠른 원단 선별 기술 개발 시 활용할 것으로 기대된다.

1. 서론

초분광 이미징에 대한 도입이 산업 전반에 걸쳐 증가하면서 섬유 산업내에서의 관심도 함께 증가하고 있다. 특히 비즈니스 전반에 대한 ESG 경영이 강조되면서 리사이클 원단에 대한 제품 개발과 함께 폐의류에 대한 선별과 관련한 연구개발도 지속적으로 강조되는 가운데, 이러한 해결수단으로써 초분광 이미징에 대한 기술개발이 요구되고 있다. 초분광 이미징은 각 이미지 픽셀을 조밀한 연속적인 스펙트럼 정보로 표현, 객체의 상태, 구성, 특징, 변이를 도출하여 객체를 식별하거나 객체의 결합 정도를 측정할 수 있다. 하지만 초분광 이미징 카메라나 초분광 이미징 정보를 분석하여 목적에 맞는 결과를 내기 위한 지식정보와 이를 탑재한 IT 솔루션 개발 등 추가적인 구성요소의 개발이 필요하다[1]. 또한 폐의류의 경우, 선별된 결과를 빠르게 분류 공정으로 전달하여 분류를 하기 위한 단계로 진입하기 위해서는 데이터의 처리속도가 매우 중요하다. 특히 분광라이브러리의 수가 증가할수록 비교 대상이 증가하며, 유사도 알고리즘을 운영함으로써 데이터 처리에 대한 부하가 증가할 것이다.

본 연구는 PET사로 개발된 의류용 원단을 비롯하여 다양한 종류의 섬유조성으로 개발된 의류용 원단을 대상으로 초분광

이미징 분석을 통해 수집한 분광정보에 대해 유사도 알고리즘을 대체하여 빠르게 선별할 수 있도록 하기 위한 목적의 연구로써 그 대상은 PET 원단으로 빠른 원단 선별 방법에 관해 연구유사도 알고리즘 불량의 유무를 판단하는데 필요한 방법을 개발하는데 목적을 둔 연구이다.

2. 연구방법

2.1 측정 원단 선정

100% PET사를 비롯하여 면, 텐셀 등 서로 다른 혼용율을 가지는 원사로 개발된 원단 7종을 대상으로 수행하였으며 분석에는 100% PET 원단과 나머지 6종에 대한 원단을 대상으로 수행하였다(표 1). 원단은 의류와 같은 편성물 형태로써 동일한 편직기를 이용하여 편직 하였으며 염색 및 후가공은 실시하지 않았다.

2.2 데이터 수집 및 전처리

데이터 수집을 위한 초분광영상은 미국 Resonon에서 개발한 PIKA-IR(320 spatial pixels, 168 spectral channels) 모델

로써 해당 장비에 의해 측정되는 분광범위는 880~1,7200nm으로 NIR 영역으로 하였다.[그림 1]. 데이터 분석을 위한 전처리 및 분석은 제조사인 Resonon에서 제공하는 소프트웨어인 Spectronon V3.4.11을 사용하였다. 분석은 Crop wavelengths를 통해 900~1700nm영역을 대상으로 하였으며 Smoothing을 통해 보정하였다. Smoothing은 초분광 이미징 분석에서 가장 일반적으로 사용되는 Savitzky-golay Filter 및 1차 미분하였으며 또한 데이터 범위를 일치하기 위해 정규화(RMS)를 실시하였다.



[그림 1] Resonon PIKA-IR 카메라 및 workbench

[표 1] 측정 원단에 대한 혼용율 현황

No.	혼용율	Sample Code
1	면 100%	Cotton
2	면 70%, PET 30%	Cotton_PET
3	Tencel 100%	Tencel100
4	Tencel 70%, PET 30%	Tencel_PET
5	Modal 70%, 면 30%	M_C
6	Modal 56%, 면 16%, PET 28%	M_C_PET
7	PET 100%	PET100

2.3 유사도 분석

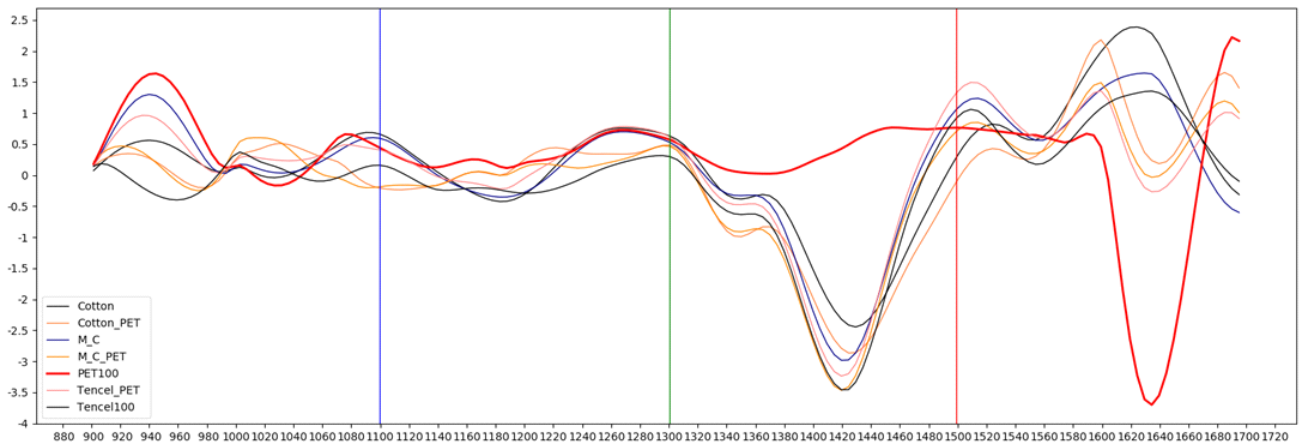
전처리를 완료 한 후 유사도 분석을 위해 접힘이나 말림이 없는 중심부위를 중심으로 자동 및 수동으로 4곳의 분석 영역을 지정한 후 평균 반사율(Mean Spectrum)을 수집하고 유사도 분석을 수행하였다. 유사도 분석을 위해 SAM(Spectral Angle Mapper)[2, 3]을 사용하였으며, 이때 4개의 분석 영역 중 가장 높은 선별을 가지는 곳에서 측정된 영역의 분광정보를 대상으로 판별 관여 파장대 도출에 사용하였다.

2.4 판별 관여 파장대 도출 및 의사결정나무 개발

파장에 대한 트렌드를 분석한 결과 모든 원단은 섬유조성에 따라 서로 다른 파장대에서 변곡이 나타남을 알 수 있었다. 이중 PET 원단의 경우, 900~940nm, 1000~1020nm, 1020~1080nm, 1350~1420nm, 1560~1580nm, 1600~1630nm, 1630~1700nm에서 1개 이상의 원단과 다른 변곡을 나타내는 것으로 확인되었다. 가시적인 분석을 통해 선정한 판별 관여 파장대는 Moroni, Mei[4]의 PET 선별과 관련한 연구에서 도출한 파장대인 900nm, 1100nm, 1350nm, 1600nm, 1670nm와 유사함을 확인하여 이러한 변곡의 추이, 즉 특정 파장대 영역 내에서 반사율이 상승 혹은 하강하는 정도나 평이하게 유지하느냐의 수준을 이용하여 의사결정나무를 도출하였다.

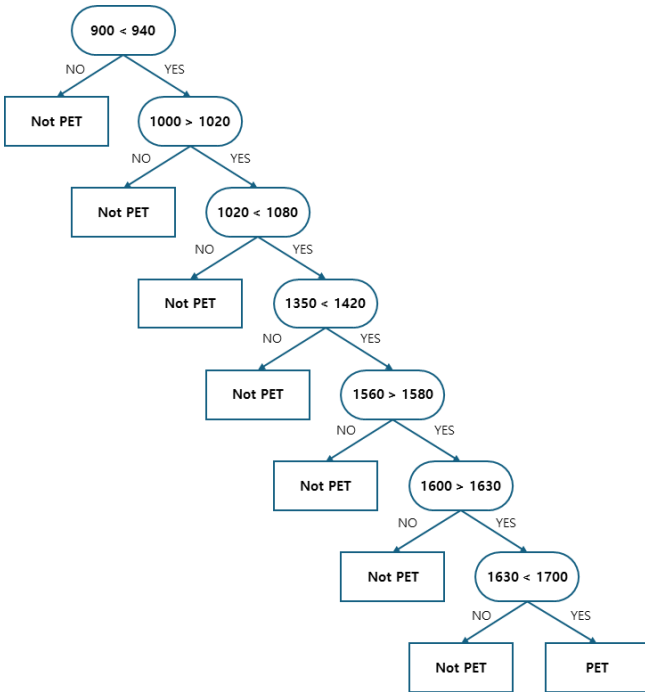
3. 결과

판별 관여 파장대를 이용해 개발한 의사결정나무 모델은 총 7개의 깊이(Depth)로 구성되어 있으며 본 연구의 범위는 PET 원단에 대한 선별을 목적으로 두기 때문에 다른 혼용율에 대한 선별과 관련한 내용은 제외하였다. 먼저, 900~940nm의 경우 상승 곡선이 나타나는데 이는 M_C를 제외한 모든 원단에서 공통으로 나타는 바이며 이를 통해 M_C를 제외하



[그림 2] 측정 및 비교용 원단에 대한 분광정보 현황

였다. 1000~1020nm의 경우 하강 곡선이 나타는데 이는 Cotton_PET, M_C_PET, Tencel_PET에서는 상승곡선을 나타내는 구간이다. 세 번째는 1020~1080nm이다. 해당 구간에서는 상승곡선이 나타나는데 이는 Cotton_PET와 M_C_PET에서는 반대 경향을 나타낸다. 1350~1420nm에서는 PET 원단을 제외한 모든 원단에서 급격한 하강곡선을 나타내며 반대로 PET100만 상승곡선을 나타내고 있는 것을 반영하였다. 1560~1580nm의 경우 다른 원단들의 경우 상승 곡선을 가지고 있으나 PET100만 다소 하강하는 경향을 나타냄을 반영하였다. 1600~1630nm대의 경우 Cotton, M_C, Tencel100의 경우 상승하였으며 PET가 일부 포함된 원단은 다소 하강하였으며 PET100은 급격히 하강하는 경향을 반영하였다. 끝으로 1630~1700nm의 경우 PET가 포함된 원단은 다소 상승하였으나 Cotton, M_C, Tencel 100과 같이 셀룰로오스계열의 경우 하강하는 경향을 반영하였다. 이를 통해 개발된 의사결정나무 모델은 그림 3에 나타나 있다.



[그림 3] PET 원단 선별을 위한 판별관여 파장대를 이용한 의사결정나무 모델

의사결정나무 모델의 유효성을 확인하고자 분석에 사용하지 않은 분광정보들을 대상으로 의사결정나무 모델에 반영 PET100에 대한 선별여부를 확인하였다. 그 결과 의사결정나무의 각 노드에서의 조건들을 수용하여 PET 원단을 선별함을 확인하였다.

4. 결론

본 연구를 통해 PET 원단의 선별에 목적을 두어 판별관여 파장대를 도출하였으며 이를 이용해 의사결정나무 모델을 개발하였다. 본 연구를 통해 측정된 다른 혼용율의 원단이 가지는 판별 관여 파장대를 추출함으로써 PET원단 외 다른 원단에 대해서도 선별 가능한 의사결정나무 모델에 대한 개발이 가능할 것이다. 단, 염색 및 후가공을 거친 원단에 대해 본 연구의 분광정보와 비교 시 파장대에 대한 변화 여부에 대한 후속연구가 필요하다. 또한 일부 파장대에서는 하강 혹은 상승하는 변화에 대한 정도가 매우 급하게 혹은 완만하게 나타나는데 이는 혼용율에 대한 차이로 추정되며 이에 대한 후속연구와 함께 최근 이슈가 되고 있는 리사이클 PET 원사와 PET 원사에 대한 구분과 관련한 연구도 필요할 것이다.

5. Acknowledgments

본 연구는 중소벤처기업부 중소기업기술혁신개발사업(과제번호:RS-2023-00218797) 지원으로 수행된 연구결과임

참고문헌

- [1] SK플래닛, <https://techtopic.skplanet.com/hyperspectral/>
- [2] 허수현, “초분광 이미지 분석을 이용한 자색 고구마 말랭이의 건조시간에 따른 PLSR 수분 함량 예측, 석사학위논문, 경북대학교 대학원, 6월, 2019년.
- [3] 박정서 외, “초분광영상의 분광라이브러리를 이용한 토지 피복분류의 정확도 향상에 관한 연구”, 지적과 국토정보, 제 46권 2호, pp. 239-251, 12월, 2016년.
- [4] Monica Moroni, Alessandro Mei, “Characterization and Separation of Traditional and Bio-Plastics by Hyperspectral Devices”. Applied Sciences. 10. 2800. 10.3390/app10082800., 2020년