

# K-means 알고리즘을 기반으로 한 야오족 자수 색상 추출 및 가상 캐릭터 의상디자인 응용

## Color Extraction and Design Application of Yao Embroidery Based on K-means Algorithm

주 저 자 : 룩신걸 (Lu, Xinjie)

동명대학교 디자인대학원 패션디자인 전공 박사과정

교 신 저 자 : 이영숙 (Lee, Youngsook)

동명대학교 패션디자인학과 교수  
young@tu.ac.kr

<https://doi.org/10.46248/kids.2024.3.69>

접수일 2024. 08. 06. / 심사완료일 2024. 09. 01. / 게재확정일 2024. 09. 09. / 게재일 2024. 09. 30.

## Abstract

To promote the digital preservation and transmission of traditional cultural elements, this study focuses on Yao embroidery as a case study, combining digital technologies and algorithms to extract and analyze its color characteristics. These extracted color features were applied to the design of virtual character clothing. First, a bilateral filtering algorithm was used to preprocess the images of Yao embroidery, reducing noise while preserving intricate details. Subsequently, Euclidean distance was calculated in the Lab color space, and the OSTU adaptive binarization method was employed to separate the image from its background. Additionally, K-means clustering was applied multiple times to the color data, and the optimal result was achieved when the number of clusters was set to eight. Through this process, eight major colors of Yao embroidery were extracted. Based on these extracted colors, 3D point cloud analysis was conducted to study the three-dimensional spatial distribution of color points, and a color combination model based on hue, brightness, and saturation was constructed. The results revealed that the color composition of Yao embroidery predominantly consists of high-saturation colors, with strong color contrasts and distinct ethnic characteristics. Ultimately, this study demonstrated the applicability of integrating the color model and design patterns of Yao embroidery into virtual character clothing design, showcasing the potential for incorporating traditional embroidery into digital design. This contributes to the preservation and promotion of intangible cultural heritage and serves as a valuable reference for further research on the color systems of traditional ethnic costumes.

## Keyword

K-means Algorithm(K-means 알고리즘), Color Clustering(색채 군집화), Yao Embroidery(야오족 자수), Virtual Character Clothes(가상 캐릭터 의상)

---

## 요약

전통문화 요소의 디지털 보호와 전승을 촉진하기 위해, 본 연구는 야오족(瑶族) 자수를 예로 들어 디지털 기술과 알고리즘을 결합하여 야오족 자수의 색채 특성을 추출하고 분석하였다. 이러한 색채 특성을 가상 캐릭터 의상 디자인에 적용하였다. 먼저, 야오족 자수 이미지의 잡음을 줄이고 세부 사항을 보존하기 위해 양방향 필터링 알고리즘을 사용하여 이미지를 전처리하였다. 그 후, Lab 색상 공간에서 유클리드 거리를 계산하고, OSTU 자율 이진화 방법을 사용하여 이미지와 배경을 분리하였다. 또한, K-means 클러스터링 알고리즘을 통해 색채 데이터를 여러 번 클러스터링한 결과, 클러스터 수를 8로 설정했을 때 최적의 효과를 얻을 수 있었다. 이를 통해 야오족 자수의 8가지 주요 색상을 추출하였다. 추출된 색상을 바탕으로 3D 점군분석을 수행하여 색채 점군의 3차원 공간 분포 관계를 연구하였으며, 색조, 명도, 채도 기반의 색채 조합 모델을 구축하였다. 연구 결과, 야오족 자수의 색채 구성은 주로 높은 채도의 색상으로 이루어져 있으며, 강한 색채 대비와 민속적 특성을 지니고 있음을 확인하였다. 최종적으로 본 논문에서는 색채 모델과 야오족 자수의 문양 디자인을 결합하여 가상 캐릭터 의상 디자인에 적용함으로써, 야오족 자수의 색채와 문양이 디지털 디자인에서 가지는 응용 가능성을 보여주었다. 이는 비물질 문화유산의 전승과 보호를 촉진하고, 민족 전통 복식 색채 연구에 일정한 참고 자료를 제공할 수 있다.

---

## 목차

### 1. 서론

- 1-1. 연구 배경
- 1-2. 연구의 필요성
- 1-3. 연구 내용과 목적
- 1-4. 연구 방법

### 2. 이론적 배경

- 2-1. 야오족 자수
- 2-2. 이미지 필터링
- 2-3. 색채 공간 변환
- 2-4. 영상 이진화
- 2-5. 색채 군집화

### 3. 연구 프레임워크와 실험 과정

- 3-1. 연구 프레임워크

### 3-2. 실험 단계

### 4. 실험 과정 및 데이터 분석

- 4-1. 야오족 자수 이미지 획득
- 4-2. 이미지 전처리 및 필터링
- 4-3. 색 공간 변환 및 이미지 분할
- 4-4. 색상 군집화 및 군집 분석
- 4-5. 군집화 색상 데이터 시각화

### 5. 3D 가상 캐릭터 디자인에서의 야오족 자수 색채 응용

- 5-1. 색상 매칭 모델 생성
- 5-2. 캐릭터 디자인

### 6. 결론

### 참고문헌

## 1. 서론

### 1-1. 연구 배경

야오족(瑶族)은 중국의 소수민족 중 열 두번째로 인구가 많은 민족 중의 하나로 광시(廣西)·후난(湖南)·윈난(雲南)·광둥(廣東)·구이저우(貴州)를 비롯하여 동남아시아 북부까지 주로 산지에 넓게 분포하여 거주하는 중국의 소수민족이다.<sup>1)</sup> 야오족은 중국의 56개 소수민족 중 가장 다채로운 색채와 정교한 자수 문화로 잘 알려져 있으며, 주로 검은색 면직물을 바탕으로 다양한 색상의 자수를 놓아 장식하는 것이 특징이다. 야오족 자수는 독창적인 공예 기술을 보여줄 뿐만 아니라, 지역의 생활 환경, 역사적 배경, 종교적 신념의 영향을 받아 강렬한 민족적 특성을 드러내고 있다. 이러한 문화적 상징은 단순한 시각 예술의 표현을 넘어 야오족의 민족 정체성을 상징하는 중요한 요소이다.<sup>2)</sup>

1) 瑶族, (2024.06.30.), [https://www.gov.cn/test/2006-04/14/content\\_253861.htm](https://www.gov.cn/test/2006-04/14/content_253861.htm)

2) Gu Bingfei, 'Color Analysis of Miao Women's Coats Based on Clustering and Apriori Algorithm', Journal of Clothing Research, 2024. 04. Vol.09, No.02, pp.167-174.

또한 야오족 자수는 중국의 비물질문화유산의 중요한 부분으로서, 정교한 공예 기술과 깊은 민족적 감정을 통해 풍부한 문화적 함의를 드러낸다.<sup>3)</sup> 글로벌 디지털 전환의 흐름 속에서, 야오족 자수를 비롯한 전통 문화는 심도 있는 변화를 겪고 있다. 인공지능(AI)과 생성형 인공지능 콘텐츠(AIGC) 등 디지털 기술의 빠른 발전은 전통문화의 보호와 전승을 위한 새로운 가능성을 제공할 뿐만 아니라, 그 디지털화 응용에 있어 광범위한 전망을 열어주고 있다.<sup>4)</sup>

더욱이 국가 정책 차원에서 중국정부는 문화 창작 산업의 혁신을 적극적으로 장려하고 있으며, 디지털 기술의 활용을 촉진하여 디지털 문화 창작 제품이 발전

3) Shen Menghan, 'Research on the Development of Ethnic Cultural Industry in Ruyuan Yao Autonomous County under the Background of Rural Revitalization', Guangdong Polytechnic Normal University, Master's Thesis, 2023, p.3.

4) Yao Zhang, Zhi Yang 'Research on Digital Identification for Cultural Protection of Yao People Clothing Patterns in Northern Guangdong', Cross-Cultural Design, 2024. 06. HCII 2024, vol 14701, pp.177-194.

할 수 있는 유리한 환경을 조성하고 있다.<sup>5)</sup> 이러한 사회적 환경적 배경을 바탕으로, 본 연구는 디지털 기술과 야오족 자수 문화를 결합하여 비물질문화유산의 보호와 전승에 기여하고자 한다.

## 1-2. 연구의 필요성

중국 전통문화 산업은 현재 깊은 디지털 전환을 겪고 있다. 본 연구는 중국 전통 문화 요소와 디지털 기술을 결합하여 학술적 가치뿐만 아니라, 문화 전승, 디자인 응용, 문화 창작 산업 발전에 있어 깊은 영향을 미친다.

(1) 중국의 현대화가 가속됨에 따라, 소수민족의 전통 문화 요소와 수공예는 소멸될 위기에 처해 있다. 전통 복식의 색채는 민족 문화를 상징하는 중요한 요소로서, 풍부한 역사와 문화적 내포를 기록하며, 특정 사회의 미학적 관념을 반영한다.<sup>6)</sup> 디지털 기술을 활용하여 전통 문화 요소를 연구하는 것은 문화유산 보호와 전승에 중요한 의미를 갖는다.

(2) 전통 복식 색채의 추출과 분석은 문화 연구에 이론적 지원을 제공할 뿐만 아니라, 현대 디자인, 특히 의상 디자인 및 시각 디자인 분야에 풍부한 디자인 영감을 제공한다. 디지털 기술을 통해 전통 색채를 체계적으로 분석함으로써, 과학적인 색채 조합 체계를 구축하고, 디자이너들이 디자인 효율성을 최적화하고 결과물을 개선하는 데 도움을 줄 수 있다.

(3) 가상 캐릭터 디자인은 게임, 소셜 미디어 및 디지털 엔터테인먼트 분야에서 널리 사용되며, 젊은 세대가 개성과 정체성을 표현하는 중요한 플랫폼으로 자리 잡고 있다.<sup>7)</sup> 중국 전통 문화 요소를 가상 캐릭터 디자인에 융합함으로써 전통 문화의 전파를 위한 새로운 경로를 제공할 뿐만 아니라, 가상 패션에 독특한 문화

적 내포와 미학적 가치를 더하며, 문화 창작 산업에 더 많은 사회적, 경제적 가치를 부여한다.

## 1-3 연구 내용과 목적

본 연구는 컴퓨터 그래픽 및 이미지 처리 기술을 활용하여, 야오족 자수 이미지를 전처리하고 이미지 필터링 및 분할 기술을 적용하여 처리하였다. 이를 통해 야오족 자수 이미지 특성에 적합한 기술적 경로와 합리적인 파라미터를 도출하였다. 색상 군집화 기술을 사용하여 야오족 자수의 색채 특성을 추출 및 분석하고, 주요 색상 조합을 도출한 후 그 결과를 가상 캐릭터 의상 디자인에 적용하였다. 이와 함께, 메타 휴먼(meta human)으로 알려진 디지털 사람은 새로운 문화 기호의 매개체 및 전파 매체로서 게임 및 엔터테인먼트 분야에서 중요한 역할을 하고 있다. 가상 게임 스킨과 게임 내 의상 및 액세서리는 젊은 소비자들에게 개성과 정체성을 표현하는 중요한 수단이 되고 있다.<sup>8)</sup> 이에 본 연구는 전통문화 요소를 가상 캐릭터 디자인에 적용함으로써 중국 문화의 가시성과 매력을 증대시키고, 문화유산의 정신을 계승함과 동시에 다양한 문화 체형을 통해 문화 창작 산업의 발전에 기여하고자 한다.

## 1-4 연구 방법

기존의 선행연구들은 야오족 자수의 문화적 내용을 적용하여 새로운 디자인 응용을 위한 이론적 기초를 제공하였다. 예를 들어, Pan(2021)은 야오족 자수 문양을 전체 기호로 간주하여 기호학 원리를 적용해 이를 해석하고 디자인하였는데, 그는 문양의 기호 형태를 다른 층으로 구분하여 형태요소, 의미요소, 및 사용요소로 나누어 야오족 문양에 대한 인식론과 디자인 방법론의 이해를 도모하고자 하였다.<sup>9)</sup> Cao과 Shi(2024)은 야오족 자수의 미적 특성과 문화적 내포를 바탕으로 야오족 자수 문양과 니트 공예의 결합 가능성을 탐구하는 혁신적 디자인 및 제작 실험 연구를 진행하였다.<sup>10)</sup> Xing와 Zhang등(2017)은 청나라 전통 복식의

5) Cultural Tourism Industry Development [2020] No. 78. 'Ministry of Culture and Tourism of China, Guidelines on Promoting the Innovation and Development of the Digital Cultural Industry', 2020.11.18, (2024.07.28) [https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content\\_5230291.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5230291.htm)

6) Sun Xiaowan. 'Research on Virtual Restoration and Application of Silk Clothing Cultural Relics Patterns'. Zhejiang Sci-Tech University, Master Thesis, 2023. p.57.

7) Han Peiwei. 'Research on virtual clothing design in the metaverse era'. Shanghai Fashion, 2023. 03. Vol.07, No.06, pp.47-49.

8) Chen Hao, Chen Haitao, 'Investigating the intention to purchase virtual goods in social networking service games: a self-presentation perspective'. Behaviour & Information Technology, 2020. 12. Vol.41, No.06, pp.1171-1184.

9) Pan Jing, 'Symbolic Application of Traditional Yao Embroidery Patterns in Contemporary Fashion Design', Beijing Institute of Fashion Technology, MA thesis, 2021. p.30.

운견(雲肩)에 나타난 색상을 대상으로 평균 이동 알고리즘을 사용하여 실물 이미지 색상 검출 방법을 제안하였다.<sup>11)</sup> 또한, Zhang과 Zhu등(2017)은 K-means 클러스터링을 3회 실시하여 새 깃털의 색상을 추출하고, 이를 섬유 제품의 색상 조합 디자인에 적용하였다.<sup>12)</sup>

이러한 선행연구들은 디지털 기술과 디자인의 융합을 다루며, 본 연구에 중요한 기술적 모델과 알고리즘의 기반을 제공하였다. 본 연구에서는 이러한 기초를 바탕으로, 컴퓨터 그래픽과 이미지 처리 기술을 사용하여 야오족 자수의 색상 특성을 추출하고 분석하였다. 구체적으로는, 이미지 전처리 단계에서 양방향 필터링을 사용하여 잡음을 줄이고 이미지의 세부 사항을 보존하였으며, Lab 색상 공간에서 유클리드 거리를 계산하여 OSTU 자율 이진화 방법을 통해 이미지와 배경을 분리하였다. 이후, K-means 클러스터링 알고리즘을 사용하여 색상 데이터를 여러 번 클러스터링하였고, 최종적으로 클러스터 수를 8로 설정하여 야오족 자수의 주요 색상을 추출하였다. 이와 더불어, 추출된 색상을 바탕으로 3D 점군 분석을 수행하여 색상 점군의 3차원 공간 분포 관계를 연구하였다. 본 연구를 통해 우리는 가상 캐릭터 의상 디자인에 적합한 색채 조합 모델을 구축하였으며, 디지털 기술을 활용하여 전통문화 요소를 디자인 실천에 적용하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2-1. 야오족 자수

야오족 자수는 주로 빨강, 초록, 노랑, 검정, 흰색 다섯 가지 색상의 실을 사용한다. 야오족 자수 장인은 작업할 때 바탕 천의 색상에 맞춰 적절한 실의 색을

선택하고 전체 자수 조각의 색조와 색상 변화를 세심하게 디자인한다.<sup>13)</sup> 야오족 자수의 기본 패턴은 고정되어 있으며 26가지 주요 문양을 포함한다. 이 패턴들은 통일된 형태와 독특한 구조, 복잡한 디자인을 가지며, 선은 대체로 대각선, 수직선, 평행선으로 이루어져 있어 기하학적이고 체계적인 특징을 보인다.<sup>14)</sup> 또한 산수, 숲, 꽃과 새, 인물, 동물을 결합한 요소로 자연과 생활에 대한 깊은 애정을 표현한다.<sup>15)</sup> [그림 1]

야오족 자수의 형태와 문양은 고유하고 소박할 뿐만 아니라 클래식한 특성을 가지고 있다. 이러한 문양들은 야오족의 생존과 발전, 신앙 숭배, 문화 예술 및 사고 개념의 역사를 기록하며, 야오족의 민족 정체성의 상징이자 표지가 되었다. 또한 이는 학제간 연구 가치가 있는 주제이다.<sup>16)</sup>



[그림 1] 야오족 복식 및 야오족 자수 예시<sup>17)</sup>

10) Cao Ximan, Shi Yun, 'Exploration of the Application of Ruyuan Yao Embroidery Patterns in Modern Knitwear Design', Textile Industry and Technology, 2024. 06. Vol.53, No.03, pp.34-40.

11) Xing Le, Zhang Jie, 'Intelligent inspection of dominant colors for Chinese traditional folk Yunjian', Journal of Textile Research, 2017. 11. Vol.38, No.11, pp.110-115.

12) Zhang Minshuang, Zhu Chengyan, 'Color Extraction and Application Based on Hummingbird Feather', Journal of Silk, 2017. 12. Vol.54, No.12, pp.59-66.

13) Yu Quanheng, 'Artistic Characteristics and Cultural Connotation of Yao Costumes', Printing and Dyeing, 2024. 05. Vol.50, No.05, pp.110-113.

14) Yuan Xing, 'Forms and Design Transformation in the Inheritance of Hezhou Yao Costume Culture in Guangxi', China Intangible Cultural Heritage, 2023. 05. Vol.02, No.09, pp.81-89.

15) Xie Huiling, Chen Zihao, 'Comparison of the Characteristics of Embroidery Colors between Lian Nan Pai Yao and Guo Shan Yao Costumes in Guangdong', Journal of Silk, 2020. 10. Vol.57, No.11, pp.108-113.

16) Hu Xiaoping, Luo Longlin, 'Conographic Analysis of Ruyuan Yao Embroidery Patterns in Northern Guangdong: Taking Panwang Seal as an Example', Journal of Silk, 2019. 12. Vol.57, No.01, pp.76-80.

17) Millennium Yao Village, (2024.07.02.). <http://www.chinayaozhai.com/nd.jsp?id=118>

## 2-2. 이미지 필터링

이미지 획득 과정에서는 조도 변화, 센서 결함, 외부 환경 간섭 등 다양한 요인에 의해 노이즈가 발생할 수 있다.<sup>18)</sup> 이미지 필터링의 주요 목적은 노이즈를 억제하고 이미지의 세부 사항을 최대한 보존함으로써 이미지 품질을 향상시키고, 후속 이미지 처리 및 분석을 위한 신뢰할 수 있는 데이터를 제공하는 것이다.<sup>19)</sup> 필터 처리는 후속 이미지 처리 및 분석의 효율성과 신뢰성에 직접적인 영향을 미친다.<sup>20)</sup>

Wu(2024)는 개선된 가우시안 필터 알고리즘 연구에서 기존의 평균 필터(Mean Filter)와 가우시안 필터(Gaussian Filter)가 주로 픽셀의 공간적 위치를 기준으로 처리되는 점을 지적하며, 이 방법이 복잡한 질감을 가진 영역에서는 효과가 떨어지고 이미지의 가장자리 정보를 잃기 쉽다고 밝혔다.<sup>21)</sup> Tania, Sheikh 및 Rowaida Raghad(2016)는 항공 영상 필터링 연구에서 비선형 필터링 방식인 양방향 필터링(Bilateral filter)이 공간 정보와 픽셀값의 유사성을 결합하여 처리한다고 밝혔다. 이 방법은 이미지의 가장자리 디테일을 유지하면서 노이즈를 효과적으로 제거할 수 있으며, 그레이스케일 유사성을 동시에 고려한다.<sup>22)</sup> 이러한 연구 결과는 아오족 자수의 이미지 처리에 매우 중요하다. 아오족 문양의 세부 정보 및 색상 정보 특성은 후속 분석에서 핵심적인 요소로 작용한다. 따라서 본 논문에서는 양방향 필터링(Bilateral filter) 방식을 사용하여 이미지의 노이즈 제거처리를 수행하였다.

18) Hou Zhi, Shao Jun, 'Application of Various Filters in Image Denoising Preprocessing', Electronic Production, 2024. 04. Vol.32, No.08, pp.74-77.

19) 이상준, 윤석현, 김광백, '퍼지 마스크 필터를 이용한 잡음 제거', 한국컴퓨터정보학회논문지 (JKSCI), 2010. Vol.15, No.11, 통권 80호, pp.41-45.

20) Song Bailin, 'Application of Digital Filtering Technology in Medical Image Denoising', Digital Technology and Applications, 2016. 10. Vol.10, pp. 115-116.

21) Wu Linlin, 'Image Denoising Method Based on Improved Gaussian Filtering Algorithm', Journal of Jiamusi University (Natural Science Edition), 2024, 06, Vol.42, No.06, pp.33-36.

22) Tania, Sheikh & Rowaida, Raghad, 'A Comparative Study of Various Image Filtering Techniques for Removing Various Noisy Pixels in Aerial Image, International Journal of Signal Processing', Image Processing and Pattern Recognition, 2016. 09. No.09, pp. 113-124.

양방향 필터링의 공식은 다음과 같다.

$$I_{out}(x) = \frac{1}{W_p} \sum_{x_i \in S} I_{in}(x_i) f_r(\|I_{in}(x_i) - I_{in}(x)\|) g_s(\|x_i - x\|)$$

$$W_p = \sum_{x_i \in S} f_r(\|I_{in}(x_i) - I_{in}(x)\|) g_s(\|x_i - x\|) \quad (1)$$

이 공식에서,  $I_{in}$ 은 입력 이미지,  $I_{out}$ 은 출력 이미지이다.  $f_r$ 과  $g_s$ 는 각각 그레이스케일 유사성과 공간 근접도에 기반한 가우스 함수이다.

## 2-3. 색채 공간 변환

색채 공간은 색을 모델화하여 표현하고 처리하는 방법으로, 이미지 처리에서 색을 묘사하고 양을 정량화하는데 사용된다.<sup>23)</sup> 색채 공간 변환의 목적은 이미지 내 색상 정보를 더 잘 처리하고 분석하기 위함이다. 다양한 색채 공간은 각각 다른 이미지 처리 작업에 적합하다.<sup>24)</sup>

RGB 색채 공간은 모니터의 작동 방식을 직접 반영하여 이미지 표시 및 편집에 적합하지만, 색상의 분류와 분할에는 불리하다. 반면, Lab 색채 공간은 인간의 시각적 인식 특성을 더 잘 반영하여 색상 정보와 밝기 정보를 더 잘 분리할 수 있어 색채 분석 및 분류에 더욱 정확하다. HSV 색채 공간은 색상 분할 및 색상 분석에 사용되며, 색조, 채도 및 밝기를 직관적으로 표현할 수 있다.<sup>25)</sup> RGB에서 Lab 색 공간으로의 변환은 비선형 과정으로 먼저, RGB 색상을 CIE 1931 XYZ 색 공간으로 변환한다. XYZ 색 공간은 표준 관찰자와 표준 광원을 기반으로 하는 중간 색 공간이다. 변환 공식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2)$$

XYZ 색 공간을 Lab 색 공간으로 변환한다. 변환 공

23) Rafael C. G, Richard E. W, 『Digital Image Processing』, Pearson Prentice Hall, 2008. p.193.

24) 이양선, 박기홍, '다양한 컬러 공간의 성분 영상들을 이용한 여드름 검출 방법들 및 성능분석', 디지털콘텐츠학회논문지, 2021. 09. Vol.22, No.9, pp.1529-1535.

25) Dibya, J. B, Anil. K. G, Fayaz. A. K, 'Comparing the Performance of L\*A\*B\* and HSV Color Spaces with Respect to Color Image Segmentation', International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2015. 02. Vol.5, No.02, pp.192-203.

식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} L^* &= 116f(Y/Y_n) - 16 \\ a^* &= 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \\ b^* &= 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)] \end{aligned} \quad (3)$$

여기서  $f(t)$ 는 비선형 함수로,  $t > 0.008856$ 일 때  $f(t) = t^{1/3}$ 이고, 그렇지 않으면

$$f(t) = 7.787t + 16/116 \text{이다.}$$

$X_n$ ,  $Y_n$  그리고  $Z_n$ 는 참조 백색의 세 자극 값이다.

#### 2-4. 영상 이진화

영상 이진화(Binarization)는 영상의 픽셀값을 두 가지 값(보통 0과 1)으로 변환하여 영상을 전경과 배경으로 분할하는 과정이다. 이진화는 영상처리 및 분석의 기본 단계로, 영상분할 및 패턴인식 등 다양한 분야에서 널리 사용된다.<sup>26)</sup> 이 방법은 영상 내용을 단순화하고, 관심 영역을 강조하며, 불필요한 정보를 제거하여 후속 처리의 효율성과 정확성을 높인다.<sup>27)</sup>

�츠 방법(Otsu's Method)은 1979년 �츠가 제안한 자가 적응 이진화 방법으로, 클래스 간 분산을 최대화하여 영상의 최적 임계값을 자동으로 선택한다.<sup>28)</sup> 이 방법은 사전 임계값 설정이 필요 없으며, 다양한 영상 특성에 자동으로 적응할 수 있어 여러 영상 처리 작업에 널리 응용된다.<sup>29)</sup>

�츠 방법(Otsu's Method)의 자율적 이진화 공식은 다음과 같다:

이미지의 그레이 레벨이  $L$ , 임계값이  $k$ 일 때, 클래스 간 분산  $\sigma_B^2$ 의 계산 공식은 다음과 같다:

$$\sigma_B^2(k) = w_0(k)\mu_0^2(k) + w_1(k)\mu_1^2(k) \quad (4)$$

26) Rafael C. G., Richard E. W., 『Digital Image Processing』, Pearson Prentice Hall, 2008. p.262.

27) Jain. A. K., Kasturi, R., Schunck. B. G., 『Machine Vision』, McGraw-Hill, 1995. p.137.

28) Otsu, N., 'A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms', IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979. 01. Vol.9, No.1, pp.62-66.

29) Sezgin, M., Sankur, B., 'Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation', Journal of Electronic Imaging, 2004. 03. Vol.01, No.13, pp.146-165.

여기서  $w_0$ 와  $w_1$ 는 각각 임계값  $k$  양쪽의 픽셀 가중치(픽셀 수가 전체 픽셀 수에서 차지하는 비율)이고,  $\mu_0$ 와  $\mu_1$ 는 두 부분의 평균 그레이 레벨값이다.

#### 2-5. 색채 군집화

군집 분석은 데이터셋을 여러 군집으로 그룹화하는 비지도 학습 알고리즘으로, 동일 군집 내 데이터 포인트의 유사도를 최대화하고, 다른 군집 간의 유사도를 최소화하는 것을 목표로 한다.<sup>30)</sup> 이미지 처리에서는 군집 분석이 이미지 분할, 색상 양자화 등의 작업에 사용될 수 있다. 이미지의 픽셀을 서로 다른 색상 군집으로 그룹화함으로써 이미지의 색상 정보를 단순화할 수 있다. 이 과정은 이미지의 압축, 향상 및 특징 추출에 유용하다.<sup>31)</sup> 이미지 처리 분야에서의 응용 사례로는 의료 이미지 분석, 위성 이미지 처리 및 컴퓨터 비전 등이 있다.<sup>32)</sup>

K-Means는 군집 분석에서 가장 대표적이며 널리 사용되는 알고리즘 중 하나로, 그 작동 원리는 다음과 같다.

먼저 초기 군집 중심을 선택하는 과정에서는 K개의 점을 임의로 선택하여 군집의 중심으로 설정한다. 이후 각 데이터 포인트는 가장 가까운 군집 중심에 할당되며, 이를 통해 K개의 군집이 형성된다. 군집이 형성되면 각 군집 내 데이터 포인트들의 평균값을 계산하여 새로운 군집 중심으로 설정한다. 이러한 데이터 포인트 할당과 군집 중심 갱신 과정은 군집 중심의 변화가 없거나 사전 정의된 반복 횟수에 도달할 때까지 반복된다.<sup>33)</sup>

K-Means 군집화 알고리즘의 기본 공식은 다음과 같다.

30) Jain. A. K., 'Data clustering: 50 years beyond K-means', Pattern Recognition Letters, 2010. 08. Vol.31, No.8, pp.651-666.

31) Höppner. F., Klawonn. F., Kruse. R., & Runkler. T., 『Fuzzy Cluster Analysis: Methods for Classification, Data Analysis and Image Recognition』. John Wiley & Sons, 1999. pp.826-833.

32) Rafael C. G., Richard E. W., 『Digital Image Processing』, Pearson Prentice Hall, 2008. p.320.

33) Jianpeng. Q., Yanwei. Yu., 'An effective and efficient hierarchical K-means clustering algorithm', International Journal of Distributed Sensor Networks, 2017. 08. Vol.13, No.8, pp.22-28

$$J = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \|x_j^{(i)} - \mu_i\|^2$$

(5)

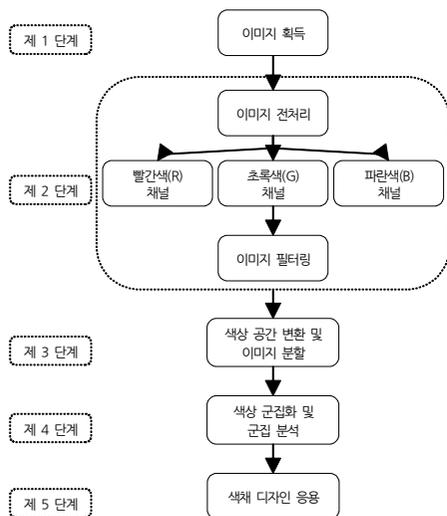
여기서,  $J$  는 총 군집 내 분산을 나타내는 목적 함수이고,  $x_j^{(i)}$  는 군집  $i$  에 속하는 데이터 포인트  $j$  를 나타내며,  $\mu_i$  는 군집  $i$  의 중심이다.

K-Means 알고리즘의 궁극적인 목표는 군집 내 데이터 포인트 간의 차이를 최소화하고, 데이터 포인트와 그 군집 중심 간의 거리를 줄여 군집화 결과를 최적화하는 것이다. 특히 이미지 처리 분야에서 K-Means 알고리즘은 색상 군집화에 자주 사용되며, Lab 색상 공간에서 각 픽셀 간의 유클리드 거리를 계산하여 여러 색상 군집으로 분류한다.<sup>34)</sup>

### 3. 연구 프레임워크 및 실험 단계

#### 3-1. 연구 프레임워크

본 연구는 아오족 자수의 특성에 맞는 적절한 이미지 전처리 방법을 선택하고, 컴퓨터 비전 기술을 활용하여 아오족 자수의 색상 특성을 분석하고 강화한다. 분석 결과를 가상 캐릭터 모델링에 적용하고, 아오족 자수의 문양 특성을 결합하여 아오족 요소를 지닌 가상 캐릭터를 디자인한다 [그림 2].



34) Kodinariya, Trupti, M, and Prashant R. Makwana. 'Review on determining number of Cluster in K-Means Clustering'. International Journal 2013. 03. Vol.1, No.6, pp.90-95.

#### [그림 2] 연구 방법 및 프레임워크

#### 3-2. 실험 단계

제1단계: 이미지 획득

캐논 EOS 500D 디지털 카메라와 EF 50mm f/1.4 USM 렌즈를 사용하여, 표준 LED 조명 하에서 아오족 자수 실물을 촬영하여 고해상도의 자수 이미지 데이터를 수집하였다. 촬영 시, 균일한 조명과 반사광의 제거를 통해 이미지의 색상 재현성을 보장하여 후속 처리에 필요한 고품질 입력 데이터를 제공하였다.

제2단계: 이미지 전처리 및 필터링

이미지의 구성 완전성을 보장하고 촬영 과정에서 발생할 수 있는 왜곡을 제거하기 위해, 이미지에 대한 필요시 조정과 기하학적 보정을 수행하였다. 이후, 다양한 필터링 방법을 실험적으로 비교하고 그 결과를 분석한 후, 노이즈 제거와 가장자리 세부 사항 보존에 효과적인 양방향 필터링(Bilateral Filtering) 방법을 선택하였다. R, G, B 세 가지 색상 채널에 각각 필터링을 적용하여 이미지 분석을 위한 기초 데이터를 확보하였다.

제3단계: 색상 공간 변환 및 이미지 분할

이미지 전처리가 완료된 후, RGB 색상 공간에서 CIE XYZ 색상 공간으로 변환하고, 이어서 CIE Lab 색상 공간으로 변환하였다. Lab 색상 공간은 밝기(L) 정보와 색상 정보(a, b)를 분리하여 색상 특성을 보다 정밀하게 표현할 수 있는 장점이 있다. 이 공간에서 유클리드 거리를 계산하여 자수의 주제와 배경 정보를 분리한 후, OSTU 자율 이진화 방법을 적용하여 자수 문양과 배경을 분리하였다. 이를 통해 자수 문양이 명확하게 추출되도록 하였다.

제4단계: 색상 군집화 및 분석

자수 이미지의 색상 데이터를 K-Means 군집화 알고리즘을 적용하여 색상 군집화를 수행하였다. 군집화 과정에서, 여러 실험을 통해 가장 적합한 군집화 임계값을 결정하였다. 초차 군집화를 통해 각 샘플 이미지에서 여러 색상 군집을 형성하고, 이를 바탕으로 2차 군집화를 수행하여 최종적으로 8개의 주요 색상 군집을 도출하였다. 이 8개의 색상은 아오족 자수의 대표 색상으로 간주되며, 후속 디자인 응용의 기초로 사용되었다.

제5단계: 색상 디자인 응용

추출된 아오족 자수 색상을 바탕으로, 색상의 명도와 채도 관계를 결합하여 실용적인 색조 모델을 구축

하였다. CLO3D 소프트웨어를 사용하여 가상 캐릭터 모델을 생성하고, 자수 문양과 색상을 결합하여 가상 캐릭터 의상 디자인을 수행하였다. 이 과정에서 전통 자수 색상이 현대 가상 디자인에서 적용 가능한 가능성을 탐구하였으며, 디지털 기술이 전통문화 디자인에서 발휘할 수 있는 혁신적인 응용 가능성을 제시하였다.

## 4. 실험 과정 및 데이터 분석

### 4-1. 야오족 자수 이미지 획득

야오족은 대부분 외딴 산악 지역에 거주하며 넓은 지역에 분포하고 있다. 이들의 의복 실물은 각 지역에 흩어져 있으며, 시대가 오래되어 표면에 다양한 손상이 있어 표본 수집이 어렵다. 따라서 이번 실험에서는 야오족 박물관에 소장된 자수 견본을 연구 대상으로 선정하였다. 이미지 획득 과정에서는 LED 광원 하에서 촬영을 진행하였다. 촬영 장비로는 캐논 EOS500D 디지털 카메라를 사용하였으며, EF50mm f/1.4 USM 렌즈를 장착하였다. 촬영 거리는 1미터로 설정하여 실물 크기 40cm × 40cm의 야오족 자수 초기 이미지를 확보하였다. [그림 3]



[그림 3] 야오족 자수

### 4-2. 이미지 전처리 및 필터링

#### 4-2-1. 필터링 효과 비교

야오족 자수의 바느질 기법은 검정 바탕에 반전 십자수 기법으로, 이는 문양의 가장자리를 십자형 톱니 모양으로 만들고 자수 표면에 강한 질감을 나타낸다. 원단 표면의 실과 문양 직물의 질감이 색상 추출 결과에 미치는 영향을 줄이기 위해, 본 논문에서는 색상 추출 전에 먼저 양방향 필터 알고리즘을 사용하여 이미지의 노이즈 제거와 평활화 처리를 수행하였다. [표 1]은 다양한 필터링 방법을 사용하여 야오족 자수 이미지의 전처리 실험 결과를 보여준다. 평균 필터링(Mean

Filtering)과 중간값 필터링(Median Filtering)은 설정된 크기의 컨볼루션 커널을 사용하여 이미지와 컨볼루션 연산을 수행하며, 이웃 픽셀의 평균값 또는 중간값을 취하여 이미지를 평활화한다. 가우시안 필터링(Gaussian Filtering)의 컨볼루션 커널은 공간 도메인 표준 편차에 의해 결정되며, 이 매개변수는 가우스 커널의 크기와 필터가 주변 픽셀에 미치는 가중치 분포를 결정한다. 쌍방향 필터링(Bilateral Filtering)은 공간 도메인과 그레이스케일 도메인의 정보를 동시에 고려하여, 두 개의 표준 편차 매개변수를 통해 각각 공간 거리와 그레이스케일 차이가 필터링 과정에 미치는 영향을 제어한다.

[표 1] 다양한 필터링 방법을 사용하여 야오족 자수 이미지의 전처리 실험 결과

{합성곱 커널( $k$ ); 공간 도메인 표준 편차( $\sigma_s$ ); 그레이스케일 도메인 표준 편차( $\sigma_r$ )}

이미지 필터 방법	영상 필터링 매개 변수	이미지 필터 세부정보 성능	성적 묘사
평균 필터	$k=3$		노이즈 감소, 그러나 이미지 세부 사항이 흐려짐
	$k=5$		더 많은 노이즈 감소, 그러나 이미지가 더 흐려짐
중간 값 필터	$k=3$		소금과 후추 노이즈를 효과적으로 제거, 가장자리 세부 사항 유지
	$k=5$		더 많은 노이즈를 제거하지만 내부 디테일이 손실됨
가우시안 필터	$k=3, \sigma_s=1.2$		이미지 평활화, 고주파 노이즈 감소
	$k=3, \sigma_s=2.0$		더 강한 평활화 효과, 더 많은 세부 사항 손실
양측 필터	$\sigma_s=5.0, \sigma_r=5$		노이즈 제거, 가장자리 세부 사항 유지
	$\sigma_s=5.0, \sigma_r=10$		노이즈 제거, 가장자리 세부 사항 유지, 강한 평활화 효과
	$\sigma_s=5.0, \sigma_r=15$		더 강한 노이즈 제거 효과, 전체적으로 더 평활
	$\sigma_s=5.0, \sigma_r=20$		색상은 서로에게 큰 영향을 미침

#### 4-2-2. 여러 차례의 실험 결과

(1) 평균 필터링과 중간값 필터링은 노이즈 제거 측면에서 우수한 성능을 보였으나, 야오족 자수의 가장자리 세부 정보에 상당한 영향을 미쳤다. 가우시안 필터링은 이미지 평활화 측면에서 뛰어난 성능을 보였으나, 더 많은 세부 정보 손실이 발생했다. 이에 비해 쌍방향 필터링은 노이즈 제거 성능과 가장자리 세부 정보 유지를 동시에 고려하는 데 있어 장점을 가진다.

(2) 쌍방향 필터링에서 픽셀 간 유사성 정도를 나타내는 가우스 가중치(Degree of Smoothing)는 필터링의 평활화 정도를 제어하며, 값이 클수록 이미지가 더 평활해지고, 야오족 자수의 어두운 배경에 대한 노이즈 제거 효과가 향상된다. 공간 가우스 평활화 커널의 표준편차(Spatial Sigma)는 필터링 과정에서 공간 거리의 가중치를 결정하며, 값이 클수록 먼 거리의 픽셀이 현재 픽셀의 평활화에 더 큰 영향을 미친다. 야오족 자

수의 색상이 밀집되어 있고 색 블록 간 거리가 짧기 때문에, 본 실험에서는 색상 간 상호 영향을 방지하기 위해 공간 가우스 평활화 커널의 표준편차를 합리적으로 설정해야 한다.

(3) 공간 거리 기반 가우스 가중치(Spatial Sigma)를 5로, 픽셀 간 유사도 기반 가우스 가중치를 15로 설정한 경우, 야오족 자수의 전처리 결과는 가장자리 부분이 명확하고 색 블록 영역의 경계가 뚜렷하며, 필터링 효과가 우수하게 나타났다.

#### 4-3. 색 공간 변환 및 이미지 분할

직관적으로 야오족 자수의 이미지를 관찰하면 야오족 자수의 표면 색상 블록은 밀집하여 배치되어 있으며, 문양 단위의 조합도 매우 조밀하다. 배경색은 무채색의 검정색이며, 문양은 주로 빨강, 초록, 노랑, 회백색 실로 구성된다. 시각적으로 야오족 자수는 명확한 밝기 대조와 색상 대조 특성을 가지고 있다.

Lab 색채 공간에서 유클리드 거리는 색상 차이를 측정하는 효과적인 방법이다.<sup>35)</sup> 자수 문양의 주체와 배경 색상 간의 유클리드 거리를 계산함으로써, 문양과 배경 사이의 색상 차이를 정량화할 수 있으며, 더 정확한 색상 분할 및 인식이 가능해진다. 먼저, 이미지를 RGB 색채 공간에서 Lab 색채 공간으로 변환한 후, 이미지의 배경 영역을 수동으로 선택하여 배경 색상의 평균 Lab 색채 값을 결정한다 (배경 색상은 P1으로 표시되며, 그 색상 값은  $L1 = 34.1083, a1 = 13.2432, b1 = 9.4838$ 이다). 이후, 각 픽셀과 배경 색상 간의 유클리드 거리를 계산하고, 이 유클리드 거리를 새로운 이미지 값으로 사용하여 거리 지도를 생성한다. [그림4]

두 색상 점  $P_1(L_1, a_1, b_1)$ 과  $P_2(L_2, a_2, b_2)$ 이 있다고 가정하면, 이들 사이의 유클리드 거리  $D$ 의 계산 공식은 다음과 같다:

$$D = \sqrt{(L_2 - L_1)^2 + (a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2} \quad (6)$$

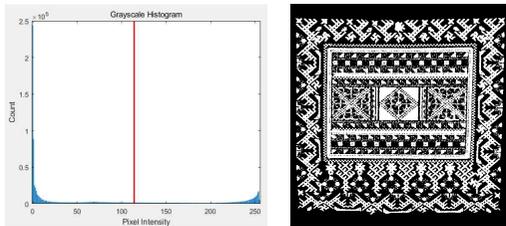
$P_2$ 는 이미지 내의 하나의 픽셀로, 그 색상 값은  $(L_2, a_2, b_2)$ 이다. 이 방법은 이미지 내 각 픽셀과 배경 간의 색상 차이를 정량화할 수 있으며, 후속 이미지 처리와 분석을 위한 정확한 기초를 제공한다.

35) Jain, Anil K, 『Fundamentals of digital image processing』. Prentice-Hall, Inc, 1989. p.267.



[그림 4] Lab 색채 공간의 이미지 & 유클리드 거리 변환도

야오족 자수 문양의 주체와 배경을 이진화하여 분할하기 위해 Otsu's Method(1979)를 사용하였다. 이 방법은 이미지의 최적 이진화 임계값(T)을 결정하기 위해 클래스 간 분산을 최대화한다. 본 실험에서 계산된 최적 이진화 임계값은 T=0.447로 도출되었다.[그림 5] 원본 이미지에 이진화 마스크를 적용하여 이미지 분할을 완료하였다.[그림 6]



[그림 5] 클래스 간 분산 최대화(T) & 이미지 이진화



[그림 6] 이진화 마스크 이미지 & 최종 배경 문양 분리 이미지

#### 4-4. 색상 군집화 및 군집 분석

##### 4-4-1. 군집화 임계값 결정

야오족 자수의 색상 블록 배치는 매우 촘촘하게 이루어져 있으며, 수동으로 입력된 군집화 임계값이 낮을 경우, 작은 색상 블록의 색상 특성을 효과적으로 추출할 수 없다. 본 연구에서는 군집화 임계값을  $k \in [4-10]$

으로 설정하고, 다양한 군집화 임계값에서 얻은 색상 군집화 이미지를 비교 분석하였다[표 2]. 최종적으로 가장 적절한 군집화 임계값은 k=8로 결정되었다.

[표 2] 다른 군집화 임계값에서 색상 군집화 세부 정보비교

임계값	군집화 성능	특징 설명
원본 사진		원본 세부정보
k=4		큰 색상 블록만 나타남.
k=5		세부 정보가 개선되었지만, 황록색이 아직 분리되지 않았음.
k=6		작은 색상 블록의 색상 정보가 나타나기 시작함.
k=7		색상 블록 정보가 점차 명확해짐.
k=8		군집화 효과가 가장 우수하며, 각 색상 블록의 정보가 충분히 표시됨.
k=9		더 이상의 명확한 변화는 없으며, 색상 블록 정보가 안정적으로 유지됨.
k=10		더 이상의 명확한 변화는 없으며, 색상 블록 정보가 안정적으로 유지됨.

##### 4-4-2. 야오족 자수 색상 군집화 결과

색상 군집화 후 각 색 영역의 픽셀 통계를 통해 야오족 자수의 색상 비율 구성을 직관적으로 파악할 수 있다. [표 3]은 최적의 군집화 임계값을 사용하여 야오족 자수 데이터 세트의 일부 이미지에서 색상 군집화를 수행한 결과를 보여주며, 여기서 검정색은 배경색으로 통계에서 제외되었다. 군집화된 색상 결과를 바탕으로 2차 군집화(k=8)를 실시하여, 야오족 자수의 8가지

대표 색상을 도출하였다[그림 7]. 이 중 빨간색 계열이 40%, 흰색이 39%를 차지하며, 디자인 응용에서 일반적으로 주색으로 사용된다. 노란색 계열은 18%를 차지하며, 디자인에서 보조색으로 사용되는 경우가 많다. 초록색 계열은 3%를 차지하며, 디자인 응용에서 주로 강조색 또는 포인트 색상으로 사용된다. [표 4]

**[표 3] 야오족 자수 일부 이미지의 군집화 결과**  
(군집화 임계값 : k, 반복 횟수:n, 반복 시간:t/s)

야오족 자수	임계값	색상 구성
	k=10 n:153 t:3.61s	
	k=8 n:103 t:2.16s	
	k=8 n:126 t:2.07s	
	k=9 n:135 t:2.89s	
	k=9 n:143 t:2.96s	
	k=8 n:138 t:2.31s	



**[그림 7] 야오족 자수 대표색**

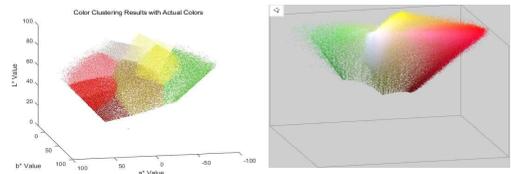
**[표 4] 야오족 자수 대표색 속성**

대표색	속성	주색/보조색	비례
	R:126;G:24;B:14	주색	40 %
	R:219;G:42;B:27	주색	
	R:232;G:110;B:112	주색	

	R:237;G:236;B:232	주색	39 %
	R:161;G:127;B:49	보조색	18 %
	R:219;G:218;B:91	보조색	
	R:235;G:233;B:160	보조색	
	R:91;G:174;B:47	보조색	3%

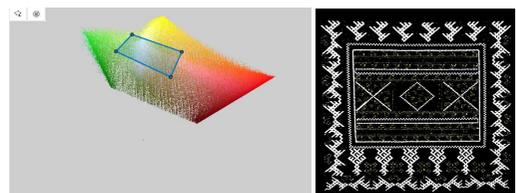
#### 4-5. 군집화 색상 데이터 시각화

데이터 시각화 기술을 통해 색상 군집화 결과를 3D 점군도로 표현하여 야오족 자수의 3D 공간 내 색상 구성과 분포를 보여준다. [그림 8]은 각 색상 영역의 픽셀 점군 군집화를 나타낸다. 이는 야오족 자수의 각 대표색 간의 공간 구성 관계를 이해하고, 향후 3D 공간 내의 가상 캐릭터 디자인, 문화창작 디자인 및 예술 연구에 과학적 근거를 제공하는 데 도움이 된다.



**[그림 8] 색역 군집 점군**

[그림 9]와 같이, 픽셀 점군도와 야오족 자수 이미지 간의 상호 관계를 통해 이러한 픽셀이 이미지 내에서 어떻게 분포하는지를 보여준다. 점군도에서 선택된 픽셀 클러스터 영역은 명도 값이 높은 픽셀 군집으로, 2D 공간에서 선택된 픽셀의 평면 분포 상황을 나타낸다. 이는 3D 디자인에서 픽셀 색상과 3D 표면 간의 상호작용에 대한 근거를 제공한다.



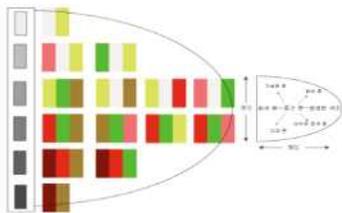
**[그림 9] 야오족 자수 이미지와 픽셀 점군 상호작용**

## 5. 3D 가상 캐릭터 디자인에서의 야오족 자수 색채 응용

### 5-1. 색상 매칭 모델 생성

본 논문의 디자인 응용은 주로 야오족 자수가 가상 게임 장면에서 가상 캐릭터 의상 디자인에 어떻게 적용될 수 있는지를 탐구하였다. 추출한 야오족 자수 색상을 바탕으로 색상 명도와 순도의 규칙에 따라 색조 조합 모델을 구축하였다. [그림 10] 그리고 몇 가지 색상 조합을 선택하여 야오족 자수의 고전적인 문양에 색상을 배치하고 이를 가상 캐릭터의 의상 디자인에 적용하여 그 색상 조합의 규칙을 보여준다.

본 논문에서 제시한 캐릭터 의상 디자인은 논문작성에 기반한 프로젝트 모델을 바탕으로 하며, 이는 게임 장면 디자인의 초기 단계의 캐릭터 의상에 해당한다. [그림 11] 초기 캐릭터의 의상 디자인은 비교적 기본적으로 디자인되어 있으며, 이를 통해 소비자가 더 고급스러운 가상 의상을 구매하도록 유도한다.



[그림 10] 야오족 자수 색상 조합 모델



[그림 11] 3D 기초 모델

### 5-2. 캐릭터 디자인

가상 현실 기술과 디지털 상호작용이 지속적으로 발전함에 따라, 가상 패션은 디지털 기술 발전의 중요한 분야로 자리 잡았다. 특히 게임 및 엔터테인먼트 산업에서 가상 의상은 자아 표현, 문화 전승, 시각적 혁신의 중요한 매개체로 부상하고 있다. 독창적인 개성적 디자인, 희소성, 시각적 아름다움을 통해 참여자들은

가상 캐릭터의 의상을 통해 개성, 정체성 인식 및 사회적 지위를 표현할 수 있다. 전통 자수와 같은 문화적 상징을 가상 의상 디자인에 융합함으로써 캐릭터에 독특한 문화적 배경을 부여하고, 동시에 예술적 표현력을 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 야오족 자수 색조 모델을 기반으로 색상 조합 방안을 선택하여 중국 야오족의 무형문화유산 상징을 가상 게임의 캐릭터 디자인에 결합한 디자인 사례를 완성하였다. 이를 통해 문화 요소와 현대 디지털 디자인의 결합에 대한 디자인 응용 사례를 제시하고, 문화 전승의 새로운 표현 방식을 탐색하고자 하였다.

야오족 자수 문양은 깊은 민족적 문화 내포를 지니고 있으며, 다양한 문양의 조합은 서로 다른 역사와 이야기를 전달할 수 있다.<sup>36)</sup> 주요 문양으로는 인물 문양, 동물 문양, 식물 문양, 상징 문양이 있다.<sup>37)</sup> 모자의 장식은 식물 문양 중 나무 문양을 사용하여, 게임 장면에서 캐릭터의 사회적 속성을 부각시키는 데 중점을 두었다. 허리 디자인은 가상 게임 속 캐릭터의 설정과 결합하여 톱니 문양, 나무 문양, 인물 문양을 선택하고 결합하여, 캐릭터가 성을 넘어 숲을 통과하며 점점 강해지는 이야기 구조를 시각적으로 표현하고자 하였다.

본 연구에서는 문양조합을 부분 디자인 요소로 선택하고, 구축된 색상 모델을 색상 조합 방안으로 삼아, 노멀 맵(Normal map) 방식을 통해 원단 표면 질감을 강화하여 다음과 같은 구체적인 디자인을 수행하였으며 [표 5], 렌더링을 통해 최종 프레젠테이션 결과를 얻었다. [그림 12]

36) Lin, Y. X. 'Research on the Communication Strategies of Intangible Cultural Heritage from the Perspective of Rural Revitalization'. Journal of News Research, 2019. 10. Vol.19, No.10, pp.31-32.

37) Dong Jinhua, Jiang Runan, 'Digital Innovative Design and Application of Yao Embroidery Patterns in Northern Guangdong'. Chemical Fiber and Textile Technology, 2023.09. Vol.52, No.09, pp.194-197.

[표 5] 가상 캐릭터 의상의 색상, 문양, 원단 질감 세부 사항

부분 디자인	색상 조합	문양 디자인	원단	노말 맵
				
				
				
				
				
				
				



[그림 12] 3D 렌더링으로 표현된 의상 디자인

## 6. 결론

본 연구는 야오족 자수를 대상으로 컴퓨터 그래픽 및 이미지 알고리즘과 디지털 기술을 결합하여 야오족 자수의 색채 특성을 추출하고 분석하였으며, 이를 3D 가상 캐릭터 의상 디자인에 적용하였다. 실험 결과, 이미지의 이중 필터링에서 가우스 가중치 5와 평활화 가중치 15로 설정했을 때 노이즈 제거와 평활화 효과가

뛰어났으며, Lab 색채 공간에서 유클리드 거리와 OSTU 자을 이진화 방법을 이용하여 이미지의 배경과 문양을 효과적으로 분리할 수 있었다. 또한, K-means 클러스터링 알고리즘을 적용한 색상 군집화에서 임계값  $k=8$ 일 때 최적의 군집화 결과를 도출하였고, 야오족 자수의 주요 8가지 색상을 추출하였다. 이 색상들은 주로 높은 채도의 색상 계열로 구성되어 있으며, 강한 색상 대비와 뚜렷한 민속적 특성을 나타낸다.

추출된 색상은 3D 공간에서 색조, 명도, 채도를 기반으로 분석되었으며, 이를 바탕으로 야오족 자수의 색채 조합 모델을 구축하였다. 최종적으로 색채 모델, 야오족 자수 문양, 면의 질감 텍스처를 결합하여 가상 캐릭터 의상에 야오족 자수의 색상과 문양 특성을 직관적으로 반영하였다.

본 연구는 K-means 군집화 알고리즘이 전통 색상 추출에서 효과적으로 작동함을 검증하였으며, Lab 색상 공간과 양방향 필터링이 이미지 처리에서 가지는 장점을 입증하는데 초점을 두었다. 그 결과, 야오족의 전통 자수 색상의 디지털 분석과 응용에 대한 방향성을 제시하였고, 비물질 문화유산 요소를 현대 디자인에 적용하기 위한 기술적 지원을 제공과 함께 문화창작 제품의 디자인 및 개발에 유용한 해결책을 제시하였다.

그러나 연구를 진행함에 있어 디자인 적용에 대한 고찰과 사용자 피드백 테스트가 부족하였으며, 데이터 셋 샘플 수가 제한적이었기에 분석결과에는 일정한 한계가 있을 수 있음을 밝혀둔다. 향후 연구에서는 샘플 수를 확대하고, 딥러닝 기반 이미지 분석 알고리즘을 도입하여 색상 추출의 정확성을 높여 중국의 전통문화 요소를 가상 캐릭터 디자인 이외의 다양한 디지털 디자인 분야에도 적용하는 방안을 모색하고, 디자인 결과에 대한 사용자 피드백 테스트를 통해 설계의 실제 효과를 검증할 예정이다.

## 참고문헌

1. Höppner, F, Klawonn, F, Kruse, R, & Runkler, T, 『Fuzzy Cluster Analysis: Methods for Classification, Data Analysis and Image Recognition』. John Wiley & Sons,

- 1999
2. Jain. A. K., Kasturi, R., Schunck. B. G., 『Machine Vision』, McGraw-Hill, 1995
  3. Jain. Anil K, 『Fundamentals of digital image processing』. Prentice-Hall. Inc, 1989
  4. Rafael C. G, Richard E. W, 『Digital Image Processing』, Pearson Prentice Hall, 2008
  5. 이상준, 윤석현, 김광백. '퍼지 마스크 필터를 이용한 잡음 제거', 한국컴퓨터정보학회논문지 (JKSCI), 2010
  6. 이양선, 박기홍, '다양한 컬러 공간의 성분 영상들을 이용한 여드름 검출 방법들 및 성능분석', 디지털콘텐츠학회논문지, 2021
  7. Cao Ximan, Shi Yun, 'Exploration of the Application of Ruyuan Yao Embroidery Patterns in Modern Knitwear Design', Textile Industry and Technology, 2024
  8. Chen Hao, Chen Haitao, 'Investigating the intention to purchase virtual goods in social networking service games: a self-presentation perspective'. Behaviour & Information Technology, 2020
  9. Dibya. J. B, Anil. K. G, Fayaz. A. K, 'Comparing the Performance of L\*A\*B\* and HSV Color Spaces with Respect to Color Image Segmentation', International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2015
  10. Dong Jinhua, Jiang Runan, 'Digital Innovative Design and Application of Yao Embroidery Patterns in Northern Guangdong'. Chemical Fiber and Textile Technology, 2023
  11. Fu, Yawen, Hui'e Liang, 'Sinicized Exploration of Sustainable Digital Fashion: Chinese Game Players' Intention to Purchase Traditional Costume Skins', Sustainability, 2022
  12. Gu Bingfei, 'Color Analysis of Miao Women's Coats Based on Clustering and Apriori Algorithm', Journal of Clothing Research, 2024
  13. Hou Zhi, Shao Jun, 'Application of Various Filters in Image Denoising Preprocessing', Electronic Production, 2024
  14. Hu Xiaoping, Luo Longlin, 'Conographic Analysis of Ruyuan Yao Embroidery Patterns in Northern Guangdong: Taking Panwang Seal as an Example'. Journal of Silk, 2019
  15. Huang Bijun. 'A study on the patterns of Liannan Yao embroidery in Guangdong from the perspective of art ecology'. Western Leather, 2024
  16. Jain. A. K, 'Data clustering: 50 years beyond K-means', Pattern Recognition Letters, 2010
  17. Jianpeng. Q, Yanwei. Yu, 'An effective and efficient hierarchical K-means clustering algorithm'. International Journal of Distributed Sensor Networks. 2017
  18. Kodinariya, Trupti. M, and Prashant R. Makwana. 'Review on determining number of Cluster in K-Means Clustering'. International Journal, 2013
  19. Lin, Y. X. 'Research on the Communication Strategies of Intangible Cultural Heritage from the Perspective of Rural Revitalization'. Journal of News Research, 2019
  20. Otsu. N, 'A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms', IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979
  21. Sezgin. M, Sankur. B, 'Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation', Journal of Electronic Imaging, 2004
  22. Song Bailin, 'Application of Digital Filtering Technology in Medical Image Denoising', Digital Technology and Applications, 2016
  23. Tania, Sheikh & Rowaida, Raghad, 'A Comparative Study of Various Image Filtering Techniques for Removing Various Noisy Pixels in Aerial Image, International Journal of Signal Processing', Image Processing and Pattern Recognition, 2016

24. Wu Linlin, 'Image Denoising Method Based on Improved Gaussian Filtering Algorithm', *Journal of Jiamusi University (Natural Science Edition)*, 2024
25. Xing Le, Zhang Jie, 'Intelligent inspection of dominant colors for Chinese traditional folk Yunjian', *Journal of Textile Research*, 2017
26. Xie Huiling, Chen Zihao, 'Comparison of the Characteristics of Embroidery Colors between Lian Nan Pai Yao and Guo Shan Yao Costumes in Guangdong'. *Journal of Silk*, 2020
27. Yao Zhang, Zhi Yang 'Research on Digital Identification for Cultural Protection of Yao People Clothing Patterns in Northern Guangdong', *Cross-Cultural Design*, 2024
28. Yu Quanheng, 'Artistic Characteristics and Cultural Connotation of Yao Costumes', *Printing and Dyeing*', 2024
29. Yuan Xing, 'Forms and Design Transformation in the Inheritance of Hezhou Yao Costume Culture in Guangxi', *China Intangible Cultural Heritage*, 2023
30. Zhang Minshuang, Zhu Chengyan, 'Color Extraction and Application Based on Hummingbird Feather', *Journal of Silk*, 2017
31. Cultural Tourism Industry Development [2020] No. 78. Ministry of Culture and Tourism of China, 'Guidelines on Promoting the Innovation and Development of the Digital Cultural Industry', 2020
32. Luo Longlin. 'Research on the characteristics and innovative design of the costumes of the Guoshan Yao in Ruyuan, northern Guangdong'. South China University of Technology, MA thesis, 2021
33. Pan Jing, 'Symbolic Application of Traditional Yao Embroidery Patterns in Contemporary Fashion Design', Beijing Institute of Fashion Technology, Master's Thesis, 2021
34. Shen Menghan, 'Research on the Development of Ethnic Cultural Industry in Ruyuan Yao Autonomous County under the Background of Rural Revitalization', Guangdong Polytechnic Normal University, Master's Thesis, 2023
35. Song Zhengzheng. 'A study on the graphic language of Liannan Paiyao embroidery'. Guangdong Polytechnic Normal University, MA thesis, 2015
36. Sun Xiaowan. 'Research on Virtual Restoration and Application of Silk Clothing Cultural Relics Patterns'. Zhejiang Sci-Tech University, Master Thesis, 2023
37. <https://www.gov.cn>
38. <http://www.chinayaozhai.com>