

관광객 공유한 사진 및 머신 러닝을 활용한 도시 색채 특성 분석 연구[†]

- 중국 대리시를 대상으로 -

Research on Characterizing Urban Color Analysis based on Tourists-Shared Photos and Machine Learning[†]

- Focused on Dali City, China -

인샤오옌*, 정태열**

*대리대학 건축학과 연구원, **경북대학교 산림과학 · 조경학부 조경학전공 교수

Yin, Xiaoyan*, Jung, Taeyeol**

*Assistant Research Fellow, Dept. of Architecture, Dali University

**Professor, Dept. of Landscape Architecture, Kyungpook National University

Received: January 04, 2024

Revised: February 01, 2024 (1st)

February 21, 2024 (2nd)

Accepted: February 21, 2024

3인익명 심사됨

Corresponding author :

Taeyeol Jung

Professor, Dept. of Landscape
Architecture, Kyungpook National
University, Daegu 41566, Korea

Tel.: +82-53-950-5786

E-mail: jung@knu.ac.kr

국문초록

색채는 중요한 시각적 요소로서 도시 이미지와 사람들의 인식 형성에 중요한 영향을 미친다. 도시환경에서 색채를 정량적으로 분석하는 작업은 복잡한 과정을 필요로 하여 과거에는 실행하기가 어려웠다. 그러나 최근 머신 러닝 기술의 급속한 발전으로 관광객이 공유한 사진을 이용하여 도시 색채를 분석하는 것이 가능해졌다. 본 연구는 중국의 인기 관광지인 대리시를 사례로 선정하여 관광객이 공유한 대리시의 사진을 수집하였으며, 머신 러닝 기술을 결합하여 대규모 도시 색채를 측정하는 방법을 탐색하였다. 구체적으로는 먼저 DeepLabv3+ 모델을 사용하여 ADE20k 데이터 셋을 기반으로 관광객이 공유한 사진의 의미 분할을 수행하여 사진에서 인공 요소를 분리했다. 다음으로 K-means 클러스터링 알고리즘을 사용하여 대리시의 인공 요소의 주요 색상을 추출하고, 이러한 색상 간의 상관관계를 분석하기 위해 인접 매트릭스를 구축했다. 연구 결과에 따르면 대리시의 인공 요소의 주요 색상은 주황-회색이 가장 높은 비율을 차지한다. 또한, 회색 계열의 색상이 다른 색상과 자주 조합되어 사용되는 경향이 있다. 분석에 따르면 대리시의 인공 요소의 색채 특성은 지역의 민족 문화와 불교 문화의 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 연구는 색채 분석을 위한 새로운 접근 방법을 제공하며, 연구 결과는 대리시가 관광객의 기대에 부합하는 도시 색채 이미지를 형성하는 데 도움이 될 뿐만 아니라 향후 대리시의 색채 계획을 위한 참고 자료를 제공하고자 한다.

주제어: 의미 분할, k-means 클러스터링, 색채 이미지, 사진 분석

ABSTRACT

Color is an essential visual element that has a significant impact on the formation of a city's image and people's perceptions. Quantitative analysis of color in urban environments is a complex process that has been difficult to implement in the past. However, with recent rapid advances in Machine Learning, it has become possible to analyze city colors using photos shared by tourists. This study selected Dali City, a popular tourist destination in China, as a case study. Photos of Dali City shared by tourists were collected, and a method to measure large-scale city colors was explored by combining machine learning techniques. Specifically, the DeepLabv3+ model was first applied to perform a semantic segmentation of tourist sharing photos based on the ADE20k dataset, thereby separating artificial elements in the photos. Next, the K-means clustering algorithm was used to extract colors from the artificial elements in Dali City, and an adjacency matrix was constructed to analyze the correlations between the dominant colors. The research results indicate that the main color of the artificial elements in Dali City has the highest percentage of orange-grey. Furthermore, gray tones are often used in combination with other colors. The results indicated that local ethnic and Buddhist cultures influence the color characteristics of artificial elements in Dali City. This research provides a new method of color analysis, and the results not only help Dali City to shape an urban color image that meets the expectations of tourists but also provide reference materials for future urban color planning in Dali City.

Keywords: Semantic Segmentation, K-Means Clustering, Colour Image, Photo Analysis

[†]이 논문은 2023년 한국조경학회 추계 학술대회 발표논문을 토대로 작성한 논문임.

1. 서론

색채는 도시경관의 중요한 요소이며 도시의 이미지를 직관적으로 구현하고 도시의 특성을 뚜렷하게 형성할 수 있다(Wang et al., 2010). 도시 경관에서 색채는 시각적으로 가장 영향이 큰 경관 요소로서 사회적, 경제적, 문화적 배경을 암시하고, 도시의 지역성 및 전통적 생활상 등을 내포하는 인간의 생활공간을 구성하는 중요한 요소(한국조경학회, 2004)로서 주변과의 관계에 의해 결정되고 지각되는 색채 경관(colorscape)이기도 하다(구민아, 2016). 도시 색채 경관은 도시 물리적 환경에서 인간이 보는 모든 색채 요소에 의해 형성된 포괄적인 화면이며(Gao and Iqbal, 2023), 사람들이 도시의 자연, 사회, 문화, 경제 및 역사 등 다양한 요인의 영향으로 도시 전체에 대해 형성하는 주관적 반영이다(Li and Feng, 2015). 도시 색채 경관에 영향을 미치는 요인은 크게 자연과 인공의 두 가지 범주로 나누는데, 그 중 인공 요인이 핵심적인 역할을 한다(손가 등, 2023). 인공 요소의 색채는 주로 지역 환경, 사회 문화, 건축 기술 및 민족 풍습의 영향으로 형성되어지는 건축 색상에서 나타난다(Li and Feng, 2015).

관광도시의 색채 경관은 관광객의 여행 결정, 시각적 체험 및 생리적 자극에 영향을 미친다(Gao and Iqbal, 2023). 따라서 관광도시의 경우는 색채 경관의 적절한 계획과 관리는 관광객을 끌어들이고 그들의 만족도를 높이는 핵심 요소가 된다. 세계적으로 관광 산업이 발달한 국가와 지역들은 모두 뚜렷한 관광 이미지를 가지고 있으며(Baidal, 2004; Garcia-Ayllon, 2015), 특색이 뚜렷하고 쉽게 식별 가능한 도시는 관광객을 더욱 매력적으로 끌어들이고 머무르게 함으로써 강력한 관광 경제를 창출한다(Polat and Akay, 2015; Jimenez-Garcia et al., 2020). 최근 몇 년 동안 점점 더 많은 도시들이 색채 경관을 조성하여 관광객을 유치하고 있으며, 관광객의 개인적인 선호와 기대는 종종 도시의 색채 선택에 직간접적인 영향을 미친다(Gao and Iqbal, 2023). 따라서 관광 목적지의 색채 이미지에 대한 관광객의 인식을 이해하는 것은 도시 색채의 관리 및 계획에 중요한 의의가 있다.

도시에서 색채의 중요성은 널리 인정되고 있지만, 실제 연구에서 색채를 체계적으로 분석하는 것은 여전히 도전적인 과제이다. 전통적인 연구 방법은 데이터 분석 기술의 한계로 인해 대량의 도시 주요 색상을 주로 수작업으로 추출하는데, 이는 많은 시간이 소요되며 연구의 정확성에도 영향을 미칠 수 있다. 최근 몇 년 동안 빅 데이터 및 머신 러닝 학습 기술의 발전과 함께 관광객이 공유한 사진과 머신 러닝 학습의 결합을 통해 도시 색채의 대규모 측정이 실현되는 기회를 제공한다(Ye et al., 2019; Ding, 2021; Fu et al., 2021; Han et al., 2023).

본 연구는 중국 운남성에 위치한 대리시(大理市)를 연구대상으로 선정하였다. 통계 데이터에 따르면 2022년 대리시가 위치한 운남성은 8.4억 명의 관광객을 맞이했으며, 관광 총수입은 9,449억 원에 달했다. 이는 각각 코로나19 이전인 2019년의 104.2%와 85.6%로 회복되었으며, 회복 정도가 전국 평균보다 훨씬 높으며 전국에서 상위권에 랭크되었다(운남성 문화관광부, 2023). 대리시는 운남성의 중요한 관광 도시로서 관광객을 유치하는 데 중요한 역할을 한다. 관광 도시에 있어서 색채는 관광지 이미지를 형성하는 핵심 요소이며, 그러나 대리시는 아직 관련 색채 계획을 수립하지 않았다.

본 연구에서는 건축물, 도로, 표지판 등 인간이 만든 인공구조물의 색상과 같은 도시 색채 경관에서 주도적인 역할을 하는 인공 요소 색채에 중점을 두며, 하늘, 식물, 수체 등과 같은 자연 색채의 분석을 다루지 않는다. 머신 러닝 기술을 사용하여 관광객들이 공유한 사진을 분석함으로써 대리시의 도시 색채 특성을 탐색하고자 한다. 연구 목적을 살펴보면 첫째, DeepLabv3+ 모델을 사용하여 사진에서 인공 요소를 분리하고, k-means 클러스터링 알고리즘을 이용하여 대리시의 인공 요소의 주요 색상을 추출하고 분석한다. 둘째, 인공 요소 주요 색상 간의 상관도를 분석한다. 셋째, 색상 계층 네트워크를 분석하고자 한다.

본 연구는 과학적이고 정량적인 분석 방법을 사용하여 대규모 색채 측정 연구에 새로운 관점을 제공한다. 또한, 본 연구는 소셜 네트워크 사진을 활용하여 대중 참여 메커니즘을 도입하고 도시 색채 평가 시스템을 구축했다. 이것은 관광객의 기대에 더 부합하는 색채 이미지를 형성하는 데 도움이 될 뿐만 아니라 도시 계획자들이 색채 공간을 더 효율적으로 탐색하고 향후 도시 색채 계획에 대한 참고 자료를 제공하는데 기여할 것이다.

2. 이론적 고찰

색채는 사람들이 도시를 인식하는 데 중요한 역할을 하며 종종 도시에 대한 첫인상을 결정한다(Bao and Qiu, 2018). 도시 경관에서 색채의 중요성은 이미 선행 연구에서 입증되었다(정유나, 1992; 이미옥 등, 2023). 도시의 외부 이미지는 일반적으로 색채를 통해 표현되며(Gao and Iqbal, 2023), 도시 경관에서 색채는 환경 인식에 영향을 미치는 주요 요소일 뿐만 아니라 인간의 삶의 질과 생존 환경을 평가하는 중요한 지표이기도 하다(Liu et al., 2016). 선행연구에서 색채가 거주 환경을 개선하는 것뿐만 아니라 지역 경제의 지속적인 발전을 촉진할 수 있다고

지적하였다(Minnaert, 1993; Yan and Ren, 2015; Gao and Iqbal, 2023). 20세기 70년대 프랑스의 색채학자 Jean-Philippe Lenclos는 많은 현장 조사를 통해 지역의 색채 경관이 거주민과 관광객의 도시에 대한 인식과 감정에 깊은 영향을 미치는 것을 발견했다(Lenclos et al., 2004; Gao and Iqbal, 2023). 미국의 도시 계획가 Eliel Saarinen은 도시의 색채가 도시의 문화적 의미를 어느 정도 나타내고 사람들이 도시에 대해 갖는 전반적인 인상을 결정한다고 생각했다(Saarinen, 1945).

한국의 경관색채 연구는 1986년 아파트단지 색채계획을 시작으로 건축물, 시설물, 대규모 주거단지, 가로수준의 많은 성과물을 만들어 내었다(한국조경학회, 2004). 정유나(1992)는 건축물 색채가 도시 색채 분위기에서 중요한 역할을 분석하고 도시 색채 사용 전략과 그것이 도시 전체적인 인식에 미치는 영향을 탐구했다. Lee et al.(2001)은 도시이미지와 색채에 대해 연구했는데 관광도시에 있어 중심가로변 외벽의 색채는 도시의 개성을 형성하는 중요한 경관구성요소이며 도시이미지 형성에 매우 중요한 역할을 파악하고, 도시 이미지 제고를 위한 가로경관 색채계획을 제안하였다. 유정화와 박영순(2005) 및 최성경과 문정임(2012)은 도시 경쟁력, 지역 특성 및 도시 색채 계획 간의 연결을 탐구하고 자연 경관과 조화를 이루는 도시 색채 적용 방안을 제시했다. 김선영(2017)은 도시 상업 지역과 보행 구역의 색채 특성과 그 적용을 연구하고 도시 공간 디자인에서 색상의 적용과 보행자의 인식에 미치는 영향을 분석했다. 임오연과 김정신(2020)은 도시 이미지 형성에서 색상 계획의 역할과 중요성을 논의하고 지역 특성을 반영한 색채 지침을 제안하였다. 이러한 연구들은 건축 색채부터 도시 이미지 형성, 도시 환경 적용에 이르기까지 다양한 측면을 다룬다.

도시 색채 연구 방법도 단순함에서 복잡한 방향으로 발전해 왔다. 19세기 독일의 심리학자 J.Cohn이 최초로 색상 취향에 대한 조사 보고서를 발표한 이후로(Li, 2002), 대부분의 후속 색상 연구에서는 사회 설문 조사 방법을 채택하였다. 그 중 리커트 척도(Likert scale)와 의미척도(Semantic Differential Scale)가 일반적으로 사용되는 측정 도구가 되었다(An and Sun, 2015). Chen and Li(2016)는 인터뷰와 설문 조사를 결합하여 전문가와 일반 도시 주민들이 베이징시의 색상을 어떻게 인식하는지에 대해 탐구하였으며, 조사 대상자의 성별, 연령, 교육 수준, 지역 및 풍속 습관 등의 차이가 베이징시 색채에 대한 인식과 이미지 형성에 영향을 미친다는 것을 밝혀냈다. 주정희와 최경실(2020)은 설문 조사 데이터를 분석하여 서울 도시 색채 인식에 영향을 미치는 핵심 요소를 식별하고, 서울시 색채에 대한 거주자와 비거주자의 인식 차이를 탐구하였다.

색채 과학과 기술의 발전으로 도시 색채 연구는 더욱 정량적인 방법을 발전시켰다. 예를 들어, Lu et al.(2017)은 정량적 분석 및 비교 연구 방법을 사용하여 <중국 건축 색상 카드>를 기본 도구로 하여 추운 지역의 도시 하얼빈 경관 색상 특성을 분석하였고, 기후, 역사적 맥락 및 급속한 도시화 등의 요인이 도시 색채 형성에 미치는 영향을 종합적으로 분석하였다. 구민아(2016)는 대구시 도시철도 모노에일 속에서 촬영한 동영상상을 대상으로 도시 경관 색채의 시퀀스 분석 기법과 실제 경관에서 보여지는 공간 개방성에 따른 도시색채의 특성을 연구했다. Tan et al.(2017)은 디지털 색상 수집 장비와 측정 모델을 적용하여 난징시의 빗꽃 풍경 벨트를 예로 들어, 색상 공간 계획, 색상 시퀀스 조직 및 색상 인터페이스 디자인 세 가지 측면을 포함하는 경관색채와 그 구성 효과에 대한 정성적 및 정량적 연구를 수행하였다. 그러나 대부분은 수작업으로 이루어진 소규모 샘플 이미지 수집에 의존하며, 광범위한 범위에서 적용하기에 어렵다.

최근 몇 년 동안 빅 데이터와 신기술의 발전으로 이전에 정량적이고 정확한 측정이 어려웠던 색채 연구에 새로운 가능성을 제공한다. Ye et al.(2019)은 스트리트 뷰 데이터와 머신 러닝 기술을 결합하여 k-means 클러스터링 알고리즘을 사용하여 개봉시의 주요 건축 색상 추출을 실현하였으며, 이전 색채 분석이 수작업 소규모 샘플 수집에 의존하는 한계를 극복하였다. Fu et al.(2021)은 컴퓨터 딥 러닝 및 스트리트 뷰 이미지를 활용하여 중국창사시 주요 도시 지역의 건축 색채에 대한 시각화 분석을 수행하였다. Zhong et al.(2021)은 중국 심천시를 대상으로 딥 러닝을 바탕으로 스트리트 뷰 이미지를 사용하여 건물 외벽 색채를 도시 규모로 매핑하는 새로운 접근 방식을 제안했다. 그러나 이러한 연구는 연구자의 관점을 기반으로 수행되었으며, 체험자의 관점에서의 연구가 부족하다. 따라서 본 연구는 관광객이 공유한 사진을 도시 색채 특성 분석에 활용하였다는 점에서 의의가 있다.

3. 연구 대상 및 방법

3.1 연구 대상

대리시는 중국 서남부의 운남성(雲南省) 중부 서쪽에 위치하고 있으며(Figure 1a 참조, 대리백족¹⁾자치주(大理白族自治州)의 정치, 경제, 문화의 중심지로서 중국 최초의 24개 역사문화도시 중 하나이며, 아름다운 자연경관, 오래

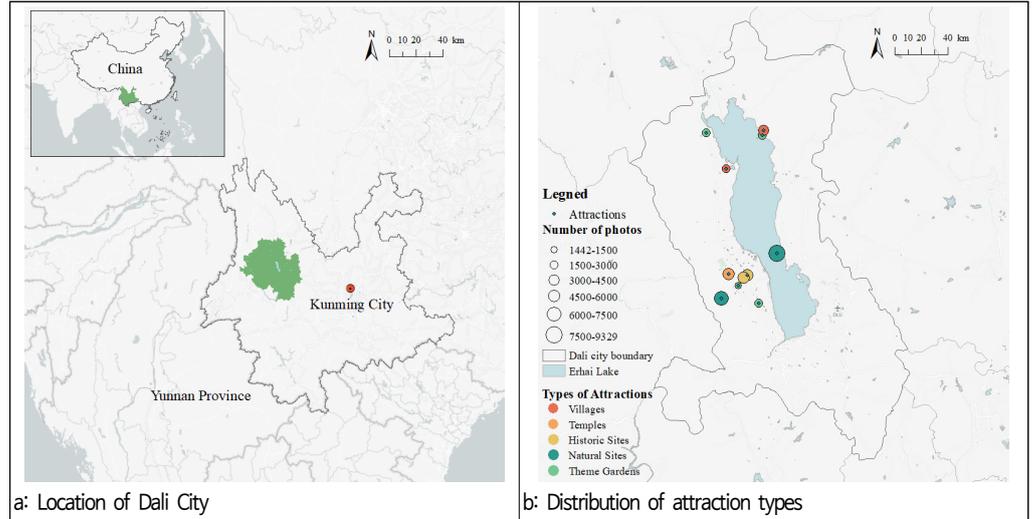


Figure 1. Study area

된 역사문화 및 풍부한 관광자원으로 많은 관광객이 찾고 있다. 20세기 90년대부터 국내외 관광객들의 인기 관광지가 되었다(Yin et al., 2023).

3.2 사진 데이터 수집 및 선정

Ctrip(Ctrip.com)은 중국 최대의 관광 소셜 플랫폼으로 제공되는 데이터는 규모, 업데이트 속도 및 신뢰성 면에서 우세를 가지고 있다. 구체적으로 이 플랫폼은 관광 후기, 관광지 평점 및 관광객이 공유한 사진을 포함하여 대량의 사용자 생성 데이터를 모으고 있으며, 이 데이터들은 방대한 양일 뿐만 아니라 업데이트 속도가 빠르며 실시간 관광 동향을 반영할 수 있다. 또한 Ctrip의 데이터는 사용자 검증을 거쳐 많은 연구에서 주요 데이터 소스로 활용되고 있다 (Wang et al., 2023). 본 연구에서는 Python을 활용하여 Ctrip 여행 사이트에서 ‘대리(大理)’²⁾로 검색하여 2021년 12월 31일까지 관광객 공유한 53,792장 사진을 수집하였으며, 그 중 10개소 인기 관광지(자연, 주제 원림, 사찰, 역사유적지 및 농촌 5가지 유형 포함)의 사진 데이터가 1,000장이 넘으므로 연구대상으로 선정하여, 선정된 관광지의 위치 분포는 Figure 1b와 같다.

결과의 시효성 및 색상 추출의 정확성을 보장하고 관광 인기가 공유 사진 수에 미치는 영향과 중복 사진 문제를 고려하여 사진 데이터를 선별하였다. 1) 색상의 진실성과 일관성을 확보하기 위해 빛 조건을 고려하여 맑은 날씨에 촬영된 사진, 2) 자연경관, 농촌경관, 상징적인 역사적 건물 등 대리시의 도시 이미지를 대표할 수 있는 중요한 요소를 포함한 사진, 3) 최근의 관광 추세와 환경 변화를 반영하기 위해 2020-2021년 사이에 촬영된 사진, 4) 정확한 색상 추출을 위해 색상이 뚜렷하게 보일 수 있는 사진, 5) 실외 환경에서 촬영된 사진을 선별하였다. 최종적으로 10개소 관광지 중 100장의 사진을 선별하여 총 1,000장의 사진을 연구 샘플로 사용했다. 이 사진들은 모두 관광객들이 자발적으로 공유한 것으로 대리시의 관광목적지 이미지에 대한 관광객들의 직접적인 인식으로 볼 수 있다.

3.3 사진 데이터 처리

3.3.1 사진 요소 추출

본 연구는 의미론적 분할(semantic segmentation)을 바탕으로 시각 내용 분석 기술을 활용하여 관광객이 공유한 사진에서 요소를 분류하였다. 의미론적 분할은 컴퓨터 비전 분야에서 중요한 개념이며, 이 기술의 목적은 디지털 이미지를 개별 픽셀 수준에서 분석하여 각 픽셀이 어떤 객체나 카테고리에 속하는지를 식별하는 것이다. 의미론적 분할은 이미지 내의 다양한 객체들을 구분하고 각각에 레이블(태그)을 할당한다.

본 연구에서 DeepLab v3+ 모델을 활용하였다. DeepLab v3+ 모델은 효율적이고 정확한 의미 분할 작업에 사용되는 딥 러닝 모델이다. 이 모델은 매사추세츠 공과대학교 컴퓨터 과학 및 인공 지능 연구소(Massachusetts Institute of Technology Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory, MIT CSAIL)에서 개발 및 유지되는 ADE20k 데이터 셋을 사용하여 사전 훈련되었다. ADE20k는 장면 이해(scene understanding)를 위한 광범위한 데이터 셋으로 각 픽셀에는 해당 의미론적 태그가 할당되어 있으며, 건축, 가구, 음식, 식물, 인물, 교통 수단 등

자연 및 인공 물체를 포함한 150개 이상의 카테고리가 있다. 이 데이터 셋은 구축 시 장면의 다양성 및 복잡성을 강조하여 수많은 장면의 이해 작업에서 우수한 성능을 발휘한다. 따라서 관광객이 공유한 사진에서 다양한 경관 및 환경 요소를 정확하게 식별하고 추출할 수 있다(Figure 2 참조).

3.3.2 마스크를 기반으로 특징 추출

의미론적 분할을 실시한 후 이미지 내용에서 인공 요소를 분리하기 위해 분할된 이미지에서 마스크 처리를 수행하였다. 이미지 마스크(image masking)는 이미지 처리 분야에서 일반적으로 사용되는 기술로 이미지 특정 영역을 분리하고 해당 영역에만 특정 처리를 적용하면서 다른 영역은 무시하는 기능을 한다. 이를 통해 복잡한 이미지 환경에서 특정 요소나 특징에 집중할 수 있게 된다. Figure 2와 같이 검은색 부분은 무시되는 영역을 나타내며, 마스크 처리를 통해 인공 요소에만 집중하고, 다른 요소의 간섭을 피할 수 있다.

3.3.3 색상 추출-k-means 색상 클러스터링

색상 추출은 이미지의 시각적 특징을 설명하는 핵심 수단이며 주요 색상은 이미지를 형성하는 시각적 인상에 중요한 역할을 한다. 클러스터링 알고리즘에 기반한 방법을 통해 이미지의 주요 색상을 효과적으로 추출할 수 있다. 이 과정은 색상 데이터를 유사도에 따라 분류하고 여러 번의 반복 처리를 거쳐 안정된 클러스터 중심을 형성하며, 이 과정에서 클러스터링 중심이 이미지의 주요 색상을 대표한다. K-Means 클러스터링 색상 추출 방법에서는 색상 값을 3차원 또는 4차원 공간에서의 좌표점으로 표현한다. 추출할 색상 종류의 수와 반복 횟수를 설정하여 알고리즘은 색상의 공간 값을 나타내는 각 색상 범주의 중심 좌표를 계산한다(Basar et al., 2020).

본 연구는 인간의 시각적 인식과 유사한 HSV 색상 공간을 선택하여 색상을 추출하였다. HSV 색상 공간은 색상(hue), 채도(saturation), 명도(value)의 세 가지 구성 요소로 이루어져 있다. k-means 클러스터링을 이용한 색상 추출 과정에서 여러 차례의 시뮬레이션을 수행하였으며, 클러스터링 수가 10을 초과하면 추출 효과에 거의 영향을 미치지 않는다는 것을 발견했다. 따라서 본 연구에서는 색상 추출의 수(k값)를 10으로 설정하였으며, 각 사진에서 10가지 색상을 추출했고, 따라서 1,000장의 사진에서 총 10,000가지 색상을 추출하였다. 추출된 색상의 종류가 많다는 점을 고려하여 이러한 색상만으로 대리시의 색채 인식을 연구하는 것은 대표성이 부족할 수도 있다. 전반적인 색상 특성을 더 잘 반영하기 위해 본 연구에서는 1차 색상 클러스터링을 바탕으로 2차 색상 클러스터링을 수행하였다. 2차 색상 클러스터링의 작업 원리는 단일 사진 추출 방법과 동일하며, 단일 사진에서 추출한 1차 클러스터링 결과를 바탕으로 2차 K-Means 클러스터링을 수행하여 최종 주요 색상을 추출하였다(Figure 3 참조). 또한, 클러스터링 과정에서 주요 색상과 해당 HSV 값을 동시에 얻어 도시 색채 간의 관계를 더 깊이 분석하는 데 기초를 제공했다.

3.4 색상 상관성 분석

3.4.1 주요 색상 인접 매트릭스 Q_N 구축

전 단계에서 대리시 인공 요소의 10가지 주요 색상을 도출하였으며, 이를 바탕으로 주요 색상 간의 상관성 분석을 수행하였다. 우선, 1,000장의 사진에서 동시에 나타나는 색상 쌍의 수를 파악하기 위해 인접 매트릭스를 구축하였다. 10가지 주요 색상 중 색상 i 와 색상 j 가 동일한 사진에 동시에 나타난다면 상관성이 있다는 것을 의미하며,



Figure 2. Photo processing



Figure 3. Colour extraction process

인접 매트릭스에서 해당 위치의 값이 1 증가한다. 여기서 N_{ij} 는 색상 i 와 j 가 사진 데이터베이스에서 함께 나타나는 빈도수를 나타내며, 이는 색상 i 와 j 사이의 상관성을 반영한다.

이 단계에서 대리시 인공 요소의 10가지 주요 색상을 각각 분석 대상으로 하였으며, 여기서 $i = \{1, 2, 3, \dots, 10\}$, $j = \{1, 2, 3, \dots, 10\}$, $i \neq j$ 이다(Equaion 1 참조).

$$Q_N = \begin{bmatrix} 0 & N_{12} & N_{13} & \dots & N_{1j} \\ N_{21} & 0 & N_{23} & \dots & N_{2j} \\ N_{31} & N_{32} & 0 & \dots & N_{3j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ N_{i1} & N_{i2} & N_{i3} & \dots & N_{ij} \end{bmatrix} \tag{Equaion 1}$$

3.4.2 색상 상관도 T_{ij} 구축

여기서 M_{ij} 를 색상 i 와 j 의 상관 가중치로 설정하였다. 만약 색상 i 와 j 가 많은 사진에서 자주 함께 나타난다면, 그들 사이의 상관도 M_{ij} 는 높은 것이다. 본 연구에서는 공현 횟수 N_{ij} 가 20회를 초과할 때 색상 i 와 j 사이의 관련성은 우연이 아니라 통계적으로 유의하다는 것을 발견했다. 따라서 공현 횟수 N_{ij} 가 20회를 초과할 때만 색상 i 와 j 사이의 상관도가 유의하다고 간주하였다. 구체적으로 N_{ij} 가 20을 초과하면 M_{ij} 의 값은 N_{ij} 로 설정되며, N_{ij} 가 20 미만이면 M_{ij} 는 0으로 설정된다. 여기서 i 와 j 는 각각 다른 주요 색상을 나타내며, $i = \{1, 2, 3, \dots, 10\}$, $j = \{1, 2, 3, \dots, 10\}$, $i \neq j$ 이다(Equaion 2 참조).

$$T_{ij} = \frac{N_{ij}}{\sum_{i=1}^{10} M_{ij}} \tag{Equaion 2}$$

4. 연구 결과

4.1 대리시 색채 특성

4.1.1 색상 분석

본 연구는 추출한 주요 색상의 HSV 값을 멘젤(Munsell) 색상 번호로 변환하여 다양한 색상의 색조(H), 채도(S) 및 명도(V)를 비교하였다. 대리시 인공 요소의 10가지 주요 색상은 적색-노란색 계열(7.5YR), 노란색 계열(2.5Y, 7.5Y, 10Y), 노란-녹색 계열(5GY), 그리고 보라-파란색 계열(7.5PB)이 포함되며, 이 10가지 주요 색상의 비율에는 뚜렷한 차이가 있다. 그중에서 주황-회색(2.5Y/5/2)과 주황-연한 회색(7.5YR/8/2)은 색채 분포에서 두드러진 위치를 차지하며, 각각 15.1%와 14.0%의 비율을 차지한다. 이는 이 두 색상이 대리시 인공 요소에서 일반적으로 주요 건축 외관 색상 또는 널리 사용되는 장식 색일 수 있음을 나타낸다. 다른 색상으로는 흙 노란색(2.5Y/5/4), 주황-갈색(7.5Y/2/2), 그리고 노란-갈색(10Y/2/2)이 있으며, 비율은 각각 6.2%, 8.4%, 11.8%를 차지하며, 대리시의 인공 요소 색상 색조가 따뜻한 색조로 기울어져 있음을 나타낸다. 차가운 색조에서는 네이비(7.5PB/2/2), 파란-회색(7.5PB/5/2), 연한 파란-회색(7.5PB/8/2), 그리고 파란-자주색(7.5PB/5/10)이 각각 10.9%, 11.8%, 9.8%, 8.5%를 차지하며 다양성을 보여준다(Figure 4a 참조). 이러한 색상들은 대리시의 건축재료 다양성, 다양한 용도, 혹은 역사적 시대별 건축 스타일에 반영할 수 있다.

대리시는 백옥이 주를 이루는 소수민족 집결지로 전통적인 백옥 민가 건축은 자연 회색의 경사 지붕이 특징이며, 벽돌과 목재 구조는 주로 원목색 또는 그로부터 파생된 갈색과 따뜻한 적색을 사용한다(Li et al., 2013). 또한, 백옥 건축에서 가장 특징적인 요소 중 하나인 '조벽(照壁)³⁾'은 주로 흰색을 바탕으로 벽체의 주요 부분을 차지하며, 청회색 또는 파란-회색 벽돌로 보완하고 전통 수목화로 벽면을 장식하며, 부분적으로 녹색과 파란색으로 장식하여, 전체 건축물에 독특한 민족 정취를 더했다(Li et al., 2013; Liu, 2014). 또한, 대리시는 남조(694-902)와 대리국(937-1253) 때 '이불치국대흥토목(以佛治國大興土木)'이라는 정책을 시행하였으며, 불교의 성지가 될 수 있는 기반을 마련하였다. 불교 건축에서는 노란색과 흰색이 널리 사용되며(Gao and Iqbal, 2023), 아시아의 불교 건축에서는 붉은색이 절의 벽, 기둥, 문 등에 많이 사용된다. 이는 대리시 인공 요소의 색채가 지역 민족 문화와 불교 문화의 영향을 크게 받았음을 보여준다. 마찬가지로 관광 도시인 태국의 건축 색채는 대리시와 뚜렷한 차이가 있다. 태국의 건축은 일반적으로 따뜻한 노란색을 주요 색조로 사용하여 도시 색채는 순수하고 고채도의 색상을 선호하는 경향이 있으며, 이는 현지의 종교 문화와 지리적 환경을 크게 반영한다(Gao and Iqbal, 2023). 따라서 도시 색채의 특성은 뚜렷한 지역성을 가지고 있음을 판단된다.

4.1.2 채도 및 명도 분석

대리시의 인공 요소의 색상 명도는 대체로 0.2-0.8 범위에 분포되어 전체적으로 균형 잡힌 명도 분포를 나타내고, 주로 중간에서 고채도 영역에 집중되어 있으며, 밝고 쾌적한 도시 환경을 조성하는 데 도움이 될 수 있다. 채도를 살펴보면 대부분의 색상은 0-0.2 사이에 분포되어 저채도의 경향이 나타나며, 부드럽고 너무 선명하지 않은 특성을 나타낸다. 일부 색상의 채도는 0.4-0.6 사이이며 이러한 색상은 선명한 특성을 나타내고, 명도는 주로

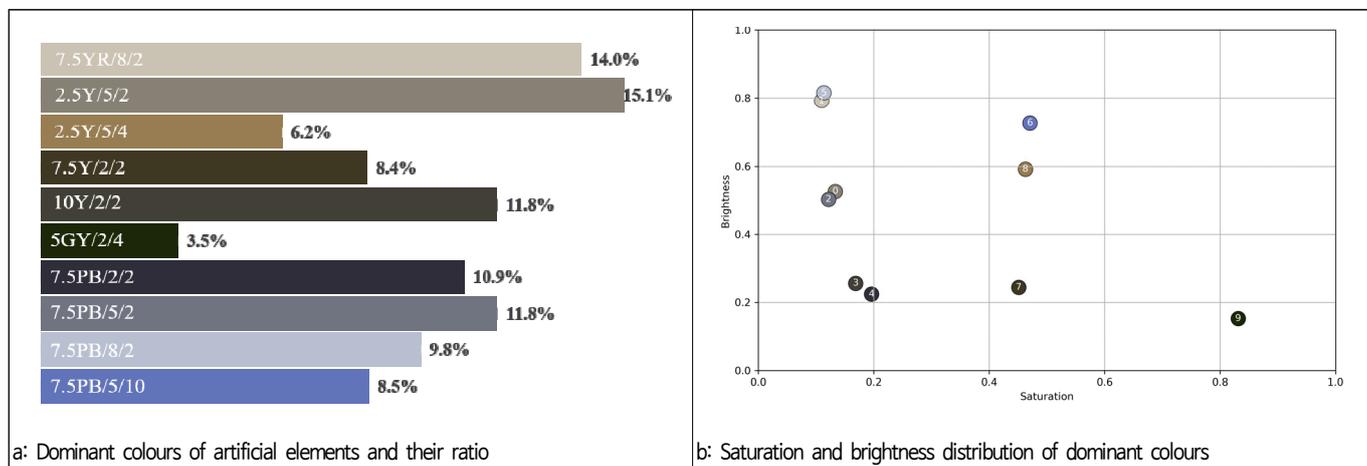


Figure 4. Dominant colours of artificial elements in Dali City

0.2-0.7 범위에 집중되어 있으며, 이 범위에는 어두운 색상과 밝은 색상이 모두 있음을 의미한다. 고채도의 색상에서는 분산점이 하나만 있고 색상의 명도는 0.2이하로 낮은 것으로 나타난다(Figure 4b 참조). 전반적으로 대리시의 인공 요소 색상은 저채도의 색상을 사용하여 시각적으로 편안하고 조화로운 환경을 조성하는 경향이 있으며, 중간에서 높은 명도의 색상을 통해 활력과 시각을 유도한다.

4.2 색상 조합의 상관도

대리시의 인공 요소에서는 색상 상관선이 총 38개 있으며, 평균 상관도는 151.2에 달한다. 그 중 주황-회색(col.0)과 주황-연한 회색(col.1)의 조합 빈도가 가장 높으며, 이 두 가지 색상이 대리시의 인공 요소에서 흔히 보이며 독특한 도시 특성을 형성하고 있음을 나타낸다(Figure 5a 참조).

특히 '주황-회색(col.0)과 주황-연한 회색(col.1)', '주황-회색(col.0)과 노란-갈색(col.3)', 그리고 '주황-연한 회색(col.1)과 노란-갈색(col.3)'의 색상 조합은 각각 366, 390, 352에 달하고 대리시의 인공 요소에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 다음으로 '연한 파란-회색(col.5)과 주황-연한 회색(col.1)', '연한 파란-회색(col.5)과 노란-갈색(col.3)'의 색상 조합도 강한 상관성을 보이며, 두 조합의 상관도는 모두 260이다. 또한, '주황-갈색(col.7)과 노란-갈색(col.3)'의 상관도는 294로, 이러한 색상 조합도 흔하다는 것을 나타낸다. 대부분 나머지 색상 조합의 상관도도 평균값보다 높게 나타났다. 이러한 색상 조합들은 백옥 전통 주거의 전형적인 색상 조합을 반영하여 대리시의 인공 요소에 문화적 특색을 증가시킨다. 그러나 파란-자주색(col.6), 흙 노란색(col.8), 진한 노란-녹색(col.9)의 출현 빈도는 상대적으로 낮으며, 이는 이러한 색상들이 인공 요소에서 특정 목적을 위해 사용되며 널리 쓰이지 않는다는 것을 의미한다(Figure 5b 참조). 전체적으로 회색 색조와 관련된 색상이 대리시의 인공 요소에서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 다른 색상들과 자주 결합되어 안정적인 조화로운 시각적 색상 기조를 형성한다. 이러한 색상 조합의 특징은 백옥 전통 건축 형식 '흰벽 및 회색 기와'와 밀접한 관련이 있을 수 있다.

4.3 색상 조합의 계층 네트워크

본 연구에서는 계층적 클러스터링 나무도(Hierarchical Clustering Dendrogram)를 통해 대리시 인공 요소의 색상 구조를 분석했다(Figure 6 참조). 나무도는 다른 색상 간의 계층적 관계와 차이를 보여주며, 각 클러스터는 하나의 색상 조합을 나타낸다. X축의 거리는 색상 간의 차이를 나타내며, 거리가 짧은 색상은 특성이 서로 유사하며, 거리가 긴 색상은 색상 차이가 뚜렷함을 의미한다.

Figure 6을 살펴보면 대리시의 인공 요소는 명확한 3단계 계층 구조를 나타낸다. 첫 단계 계층에서 흙 노란색(col.8), 진한 노란-녹색(col.9), 그리고 파란-자주색(col.6)이 가장 먼저 병합하여 색상 간의 높은 유사성을 나타내

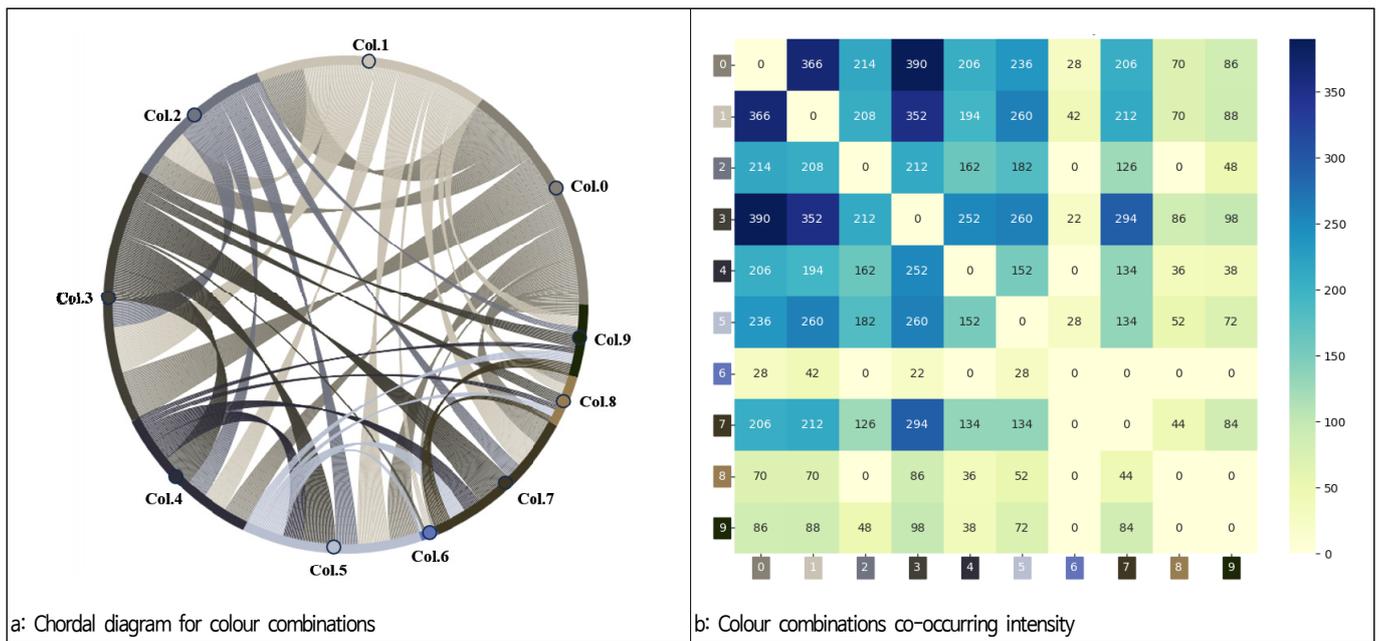


Figure 5. Correlation of colour combinations

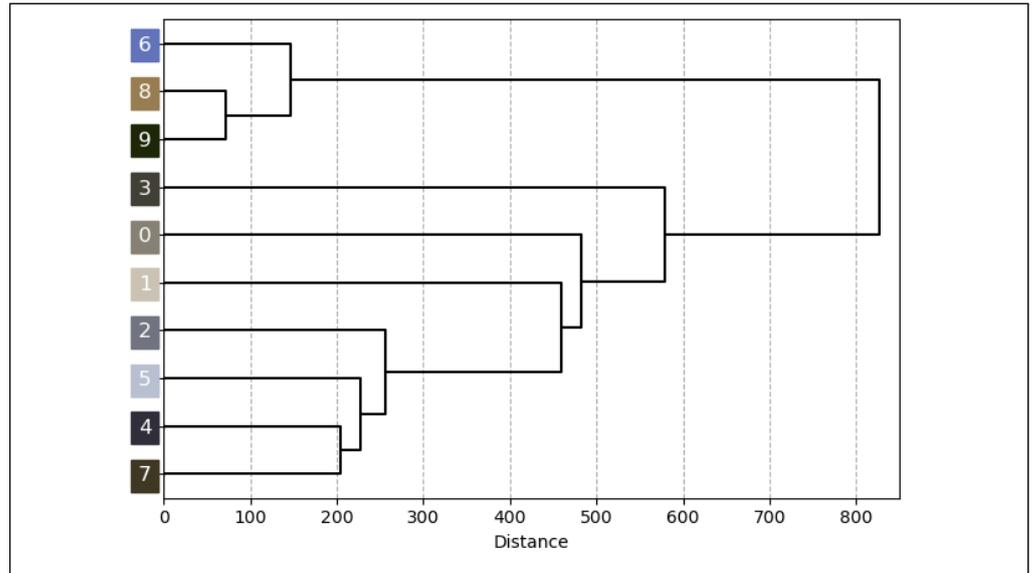


Figure 6. Hierarchical networks of colour combinations

며, 이러한 색상들은 나무도에서 낮은 위치의 병합은 대리시에서 이 색상들이 상대적으로 적게 사용되거나 특정 지역에 집중되었음을 나타낸다. 두 번째 단계에서 색상 조합은 200-600 사이에 분포되어 더 다양한 계층 구조를 보여주며, 이는 이러한 색상이 도시 요소에서 더 널리 사용되고 기능적 및 시각적 효과에서 다양성을 나타낼 수 있다. 주황-회색(col.0)은 x 값이 800 이상의 위치에서 첫 단계 계층과 두 단계 계층을 병합하며, 이는 대리시의 인공 요소에서 주도적인 색상이며, 도시의 시각적 영향에 매우 중요함을 나타낸다. 더 높은 병합 위치는 색상 간의 유사성이 감소함을 보여주며, 대리시 인공 요소의 색상이 다양하고 복잡하다는 것을 반영할 수 있다.

5. 결론

본 연구는 관광객이 공유한 사진을 바탕으로 의미론적 분할 기술과 k-means 클러스터링 알고리즘을 사용하여 대리시의 인공 요소 색채 특성을 분석한다. 연구 결과는 다음과 같다:

우선, 색채 특성 결과에 따르면 대리시의 인공 요소는 주로 노란색(Y)과 파란-회색(PB)으로 이루어져 있으며, 그 중 주황-회색(2.5Y/5/2)은 주요 색상으로 대리시의 인공 요소에서 상당한 비중을 차지한다. 색상의 명도는 주로 중간 범위에서 높은 명도 범위에 분포하여 밝고 쾌적한 시각 환경을 조성한다. 따라서 대리시는 주로 저채도의 색상을 사용하여 부드럽고 조화로운 시각 효과를 연출하며, 동시에 고채도의 색상으로 도시 환경 색상의 계층감과 풍부함을 증가시킨다.

둘째, 색상 상관도 결과에 따르면 주황-회색 및 주황-갈색과 같은 따뜻한 중성 색상의 빈번한 색상 조합이 건축물이나 기타 인공 구조물에서 자주 사용되며, 이는 대리시 전통 백족 민간의 전형적인 색상을 반영한다. 또한, 인공 요소는 회색조와 관련된 색채를 주로 사용하며 다른 색상과 조합되어 나타나는데, 이는 백족의 전통적인 건축 양식인 '흰 벽 및 회색 기와와 관련이 있는 것으로 회색조가 대리시의 기초 색상임을 판단할 수 있다. 동시에 주황색 계열과 노란-갈색 계열의 출현은 대리시의 인공 요소의 색상이 불교 문화의 영향을 받았음을 나타낸다. 따라서 대리시의 인공 요소 색상은 지역의 민족 문화와 불교 문화의 영향을 받는 것으로 판단된다.

셋째, 계층 네트워크 분석결과에 따르면 대리시의 인공 요소 색상은 명확하고 안정된 구조를 나타낸다. 특히, 주황-회색의 영향이 가장 크게 나타나며, 다른 색상이 여러 단계에서 병합한다. 따라서 주황-회색이 대리시 인공 요소의 주요 색상임을 판단할 수 있다. 또한, 인공 요소의 색상 조합은 상대적으로 복잡하며, 도시의 다양한 건축물, 도로 및 시설물의 다양성으로 인해 색상의 매치와 조합이 더욱 다채롭게 나타난다.

본 연구는 대규모 도시 색채 특성을 측정하는 정량적 연구 방법을 제안하며, 그 결과는 향후 대리시 도시 색채 계획에 대한 기초자료로 활용될 수 있다. 이러한 연구결과는 관광객의 기대에 부합하는 대리시 색채 이미지를 조성하는 데 도움이 되며, 도시 브랜드 및 이미지 전략에 중요한 정책적 의미를 가진다. 본 연구에서 추출한 인공 요소의 주요 색상은 도시 브랜드 및 마케팅 전략에 효과적으로 활용될 수 있어 대리시의 이미지를 향상시키고 더 많은 관광객을 유치하는 데 기여할 수 있다. 예를 들어, 이러한 주요 색상은 도시 심벌, 관광 홍보 자료 및 도시 경관 계

획에 통합하여 대리시를 관광목적지로서의 매력을 강화할 수 있다.

그러나 본 연구에는 다음과 같은 한계가 있다. 첫째, 온라인 사진은 촬영자, 촬영 시간, 환경 상태 및 이미지 처리와 같은 다양한 요인의 영향을 받으며, 색상 교정 편차를 완전히 제거하는 것은 어렵다. 따라서 색상 인식의 정확성을 더욱 향상시키기 위한 새로운 방법을 탐색하는 것이 필요하다. 향후 연구에서는 연구 대상의 수를 늘리고 연구 알고리즘의 성능을 향상시킬 가능성을 탐색하는 것을 고려할 수 있다. 둘째, 본 연구는 주로 관광객이 공유한 사진을 통해 대리시 인공 요소의 색채 특성에 초점을 맞추었다. 향후 연구는 지역 주민 및 관련 전문가의 관점에서 더 포괄적인 분석을 수행할 필요가 있다. 셋째, 현재 연구는 대리시 인공 요소의 색채에만 초점을 맞추고 있으며, 추후 계절 변화에 따른 대리시 자연 환경의 색채 특성을 분석하여 더 포괄적인 색채 특성 분석 결과를 얻을 수 있다.

- 주 1. 백족(白族)은 중국 윈남성의 주요 소수 민족 중 하나로, 그들의 오랜 역사, 풍부한 문화, 그리고 독특한 민속 풍습으로 유명하며 주로 윈남성의 대리백족자치주(大理白族自治州)에 집중적으로 거주하고 있다.
- 주 2. 본 연구에서 '대리시'가 아닌 '대리'를 Ctrip 웹사이트의 관광지 채널에서의 키워드로 선택했다. 그 이유는 '대리'가 해당 지역에서 가장 흔하게 사용되고 널리 인식되는 축약어이기 때문이다. 이러한 간략한 명칭을 사용하는 것은 대부분의 관광객이 경험을 공유할 때 간결한 지명을 사용하는 경향이 있기 때문에 더 넓은 범위의 데이터를 수집하는 데 도움이 된다.
- 주 3. 조벽(照壁)은 중국에서 문 앞에 또는 문 안에 설치하는 고정된 가리개(또는 칸막이), 영벽(影壁)이라고도 한다. 백족의 조벽은 건축물의 대문 앞에 위치하며, 한족(漢族)지역의 조벽과 유사한 기능을 가지고 있으며, 주로 벽사(辟邪, 악기를 쫓음)와 가리개를 겸한 목적으로 사용된다. 그러나 바이족 조벽은 디자인과 장식 면에서 독특하며 일반적으로 더 정교하고 예술적으로 꾸며져 있으며, 종종 백족의 문화와 예술 특성을 보여주는 정교한 조각과 채색이 있다.

References

1. 구민아(2016) 도시 경관색채의 시퀀스 분석기법과 공간 개방도에 따른 도시색채 특성연구 - 대구광역시 지상철 조망을 중심으로, 한국조경학회지 44(6): 120-136.
2. 김선영(2017) [2030 서울도시기본계획]의 경관 및 미관계획을 위한 서울시 환경색채 전략, 한국색채학회논문집 31(2): 5-14.
3. 손가, 최야균, 이석현(2023) 중국 소수민족 객가의 역사거리 분화환경색채와 도시 색채의 관련성에 관한 연구, 한국색채학회 학술대회: 137-141.
4. 유정화, 박영순(2005) 도시이미지 형성에 색채가 미치는 영향에 관한 연구, 한국디자인학회 국제학술대회 논문집: 108-109.
5. 이마옥, 최주영, 이임정(2023) 도시경관 향상을 위한 경관색채 평가항목의 상대적 중요도 연구, 도시정책연구 14(2): 53-69.
6. 임오연, 김정신(2020) 서천군 경관색채 가이드라인 설정에 관한 연구, 한국공간디자인학회 논문집 15(8): 615-622.
7. 정유나(1992) 역사적 도시에 있어서의 경관: 도시 경관과 색채 (Color in Townscape), 건축 36(1): 98-99.
8. 주정희, 최경실(2020) 서울시 도시색채 정체성 형성요인에 관한 연구, 한국색채학회논문집 34(2): 5-16.
9. 최성경, 문정민(2012) 지역 환경에 따른 경관 색채분석에 관한 연구: 전라남도 담양군을 중심으로, 한국실내디자인학회 논문집 21(4): 146-154.
10. 한국조경학회(2004) 도시경관 계획 및 관리, 서울: 문운당, pp. 81-260.
11. An P. and X. F. Sun(2015) A research on architectural color of historic preservation areas in Beijing, Urban Development Studies 2: 1-6.
12. Baidal, J. A. I.(2004) Regional tourism planning in Spain: Evolution and perspectives, Annals of Tourism Research 31(2): 313-333.
13. Bao, X. and H. Qiu(2018) Foreign experience on urban colour construction and the enlightenment of Shanghai, Shanghai Urban Plan Rev: 115-118.
14. Basar, S., M. Ali, G. Ochoa-Ruiz, M. Zareei, A. Waheed and A. Waheed(2020) Unsupervised color image segmentation: A case of RGB histogram based K-means clustering initialization, Plos one 15(10): e0240015.
15. Chen, J. M. and Y. Li(2016) Capital city color planning path based on urban color image, Packg Eng 37(20): 189-193.
16. Ding, M(2021) Quantitative contrast of urban agglomeration colors based on image clustering algorithm: Case study of the Xia-Zhang-Quan metropolitan area, Frontiers of Architectural Research 10(3): 692-700.

17. Fu, Q., X. Wang, Y. J. Huang and X. Zhou(2021) Extraction and analysis of architectural color gene in the main urban areas of Changsha City. *Journal of Changsha University* 4: 30-37.
18. Gao, C. and J. Iqbal(2023) An Empirical Study of Thailand Cities' Color Landscapes. *Heliyon*.
19. Garcia-Ayllon, S.(2015) La Manga case study: Consequences from short-term urban planning in a tourism mass destiny of the Spanish Mediterranean coast. *Cities* 43: 141-151.
20. Han, X., Y. Yu, L. Liu, M. Li, L. Wang, T. L. Zhang, F. L. Tang, Y. N. Shen, M. S. Li, S. B. Yu, H. X. Peng, J. Z. Zhang, F. Z. Wang, X. M. Ji, X. P. Zhang and M. Hou(2023) Exploration of street space architectural color measurement based on street view big data and deep learning — A case study of Jiefang North Road Street in Tianjin. *PLoS one* 18(11): e0289305.
21. Jimenez-Garcia, M., J. Ruiz-Chico and A. R. Pena-Sanchez(2020) Landscape and tourism: Evolution of research topics. *Land* 9(12): 488.
22. Lee, Y. W., Y. B., Chi, K. Y., Park and S. H. Lee(2001) A study on the color plan for streetscape for enhancement of city image and identity. *Journal of Korean Society of Color Studies* 15(2): 25-35.
23. Lenclos, J. P., D. Lenclos, F. Lenclos and G. P. Bruhn(2004) Colors of the world: The geography of color. (No Title).
24. Li, T. R.(2002) Exploration and Application of Colour Preferences. Taipei: Asia-Pacific Books, p. 21.
25. Li, W. and B. Feng(2015) The color system generation of urban buildings in the tibetan-inhabited area based on the protection of color system concerning religion: A case study of the old urban area in Xiahe county, Gansu Province. *Modern Urban Research* 3: 93-97.
26. Li, X. B., J. Y. Wang and P. Fan(2013) A study on the colour of Bai Traditional Folk Houses in Xizhou Town, Dali, Yunnan Province – The Yan family courtyard as an example. *Ethnic Art Studies* 6: 133-137.
27. Liu, M(2014) Comparative analysis of architectural colour preferences of Bai, Naxi and Tibetan in Yunnan region. *Journal of Panzhihua University* 6: 66-70.
28. Liu, Y., J. Kang, Y. Zhang, D. H. Wang and L. Q. Mao(2016) Visual comfort is affected by urban colorscape tones in hazy weather. *Frontiers of Architectural Research* 5(4): 453-465.
29. Lu, X., Q. Han, Z. B. Wang(2017) Urban color characteristics of cold city Harbin. *Chinese Landscape Architecture* 2: 43-47.
30. Minnaert, M. and M. Minnaert(1993) Light and Color in the Landscape. *Light and Color in the Outdoors*: 321-369.
31. Polat, A. T. and A. Akay(2015) Relationships between the visual preferences of urban recreation area users and various landscape design elements. *Urban Forestry & Urban Greening* 14(3): 573-582.
32. Saarinen, E.(1945). *The City. Its Growth, Its Decay, Its Future.*
33. Tan, M., Y. J. Wang and Y. N. Cheng(2017) Colorful: The digital color composition research of landscape environment—The example of color planning and design of the scenic belt with cherry blossom in Nanjing. *Chinese Landscape Architecture* 10: 29-34.
34. Wang, C., S. Liu, S. Zhu and Z. Hou(2023) Exploring the effect of the knowledge redundancy of online reviews on tourism consumer purchase behaviour: Based on the knowledge network perspective. *Current Issues in Tourism* 26(22): 3595-3610.
35. Wang, Y. H., X. Y. Zhang and S. C. Yuan(2010) Color geography theory and its development in China. *Tropical Geography* 30(3): 333-37.
36. Yan, D. and J. Ren(2015) Color landscape planning and design of urban street buildings: A case study of the western section of Zhongshan road in Shenyang city. *Journal of Landscape Research* 7(5): 31.
37. Ye, Y., T. Zhong and X. M. Zhong(2019) Quantitative measurement of architectural color at city scale: A humanistic perspective analysis based on street view data and machine learning. *Residential Technology* 39(5): 7-12.
38. Yin, X. Y., X. Han and T. Y. Jung(2023) Analysis of spatial perception and the influencing factors of attractions in Southwest China's ethnic minority areas: The case of Dali Bai Autonomous Prefecture. *Plos one* 18(6): e0285141.

39. Zhong, T., C. Ye, Z. Wang, G. Tang, W. Zhang and Y. Ye(2021) City-scale mapping of urban facade color using street-view imagery. *Remote Sensing* 13(8): 1591.
40. 운남성 문화관광부 사이트 https://dct.yn.gov.cn/html/2303/01_27981_1.shtml