

논문 2021-1-3 <http://dx.doi.org/10.29056/jsav.2021.06.03>

미확인 작품 식별을 위한 Feature 선정 및 유사도 비교 시스템 구축

박경엽*, 김주성*, 김현수*, 신동명*†

Feature selection and similarity comparison system
for identification of unknown paintings

Kyung-Yeob Park*, Joo-Sung Kim*, Hyun-Soo Kim*, Dong-Myung Shin*†

요 약

최근 블록체인을 기반으로 하는 미술품 NFT(Non Fungible Token) 시장은 기존 그림 작품 뿐만 아니라 작품을 홀로그램화 하여 거래될 정도로 활성화 되고 있다. 하지만 이렇게 방대한 미술품 시장에서 미확인 작품은 위조 수준이 정교하여서 전문가조차 진품인지 위작인지 판별하기 어렵다는 문제점이 존재한다. 이러한 문제점은 진품이 출품될 시에도 위작으로 의심받을 수 있어 작품 및 작가의 가치하락까지 이어질 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 객관적인 분석을 통하여 추출된 데이터 중 색도 Chromaticity 데이터를 4사분면으로 분류하여 비교군과 교점을 추출하고 교점에 해당하는 포인트의 XRF와 초분광 스펙트럼 데이터를 이용하여 미확인 작품의 작가를 추정하는 시스템을 제안한다.

Abstract

There is a problem that unknown paintings are sophisticated in the level of forgery, making it difficult for even experts to determine whether they are genuine or counterfeit. These problems can be suspected of forgery even if the genuine product is submitted, which can lead to a decline in the value of the work and the artist. To address these issues, in this paper, we propose a system to classify chromaticity data among extracted data through objective analysis into quadrants, extracting comparisons and intersections, and estimating authors of unknown paintings using XRF and hyperspectral spectrum data from corresponding points.

한글키워드 : 스펙트럼 비교, 초분광, 정규화, 상관계수, 소프트웨어

keywords : spectrum comparison, hyperspectral, normalization, correlation coefficient, software

1. 서 론

2019년 세계 미술시장은 약 74조원이고 그 중 경매시장이 약 28조원 정도로 매우 방대한 시장이며, 최근 미술품 거래는 기존의 그림 작품 및 조형물을 넘어서 미술품을 홀로그램화한 작품까지 포함된 넓은 영역을 의미한다. 이처럼 거대한

* 엘에스웨어(주)

† 교신저자: 신동명(email: roland@lsware.co.kr)

접수일자: 2021.06.03. 심사완료: 2021.06.18.

게재확정: 2021.06.20.

미술품 시장에서 명성이 큰 특정 작가의 작품같은 경우 수량이 한정되어 있기 때문에 고가에 거래된다. 따라서 유명 작품일수록 위작이 많이 유통되고 있어 진품과 위작을 판단할 수 있는 전문가 및 감정가들이 존재한다. 특정 작품의 위작이 유통되는 경우도 있지만 작가의 화풍을 그대로 모방하여 존재하지 않는 작품을 만들어내 특정 작가의 작품으로 판매하는 경우 역시 존재한다. 실제로 천경자, 박수근, 이중섭, 이우환 화백 등 많은 화백이 이러한 미확인 작품 논란이 있었으나 위작의 수준이 매우 정교하여 전문가들조차 진위 판정이 어려운 실정이다. 따라서 이와 같은 미확인 작품을 데이터로 판별할 수 있는 방법 및 시스템에 대한 연구가 필요하다[1][2].

본 연구는 회화작품의 분석 데이터인 색도 데이터 및 X-ray Fluorescence (XRF) 스펙트럼 데이터와 초분광 스펙트럼 데이터를 이용한 미확인 작품 추정 방식에 대하여 기술한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련 연구로 미확인 작품 추정에 사용되는 분석 데이터를 추출하는 XRF 분석 방식과 초분광 이미징 방식에 대하여 언급하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 XRF와 초분광, 색도 데이터를 이용한 미확인 작품 추정 방식을 제안한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 초분광 이미징

초분광 이미징(Hyperspectral Imaging, HSI)은 대상의 변이, 구성, 특징 등을 추출하기 위하여 2차원 영상 데이터를 초분광 큐브로 구현하는 기술이며, 초분광 큐브는 100개 이상의 스펙트럼 밴드로 구성되어 있다. 기본적인 스펙트럼 원격 감지 개념은 빛의 각 광자가 에너지 수준에 따라

결정되는 파장을 가지고 있음으로써 이루어진다. 대부분의 다중 스펙트럼(예 : Landsat, SPOT, AVHRR)이 몇 개의 넓고 분리 된 파장 대역에서 표면에서 반사 된 방사선을 측정하는 것에 비해 대부분의 초분광 스펙트럼은 일련의 좁고 연속적인 파장 대역에서 반사된 방사선을 측정한다. 초분광 이미징의 데이터 습득은 대표적으로 공간 스캐닝 방식과 스펙트럼 스캐닝 방식으로 구성되어 있다[3].

초분광 이미징은 다분광 센서를 위성 등에 탑재하여 기상, 지질 상태 등의 분야에서 활용되다가 최근 국방, 환경 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 이러한 초분광 이미징 기술은 이미지 상에서 특정 물체의 식별이 용이하게 만든다는 장점이 존재하지만 데이터의 양이 매우 크다는 단점도 존재한다[4].

2.2 형광 X선 분석

형광 X선 분석(X-ray Fluorescence, XRF)은 모든 종류의 재료에 대한 화학적 조성을 분석하는 방식이며, 또한 레이어와 코팅의 두께나 구성을 분석하는데 사용할 수 있다[5]. XRF는 빠르고 정확하며 비파괴적이고 최소한의 샘플로 분석 가능하다는 특성이 있다. XRF는 매우 광범위하게 응용할 수 있는데 이는 금속, 시멘트, 석유, 폴리머, 플라스틱 및 식품 산업, 광업, 광물학 및 지질학, 환경 분석을 포함한다. XRF의 분광계 시스템은 에너지 분산 시스템 (Energy Dispersive X-ray Fluorescence, EDXRF)과 파장 분산 시스템 (Wavelength Dispersive X-ray Fluorescence, WDXRF)의 두 가지 주요 그룹으로 나눌 수 있는데, 분광계 시스템에 따라 분석 할 수 있는 요소와 그 검출 수준이 상이하다. EDXRF의 원소 범위는 나트륨에서 우라늄 (Na에서 U)까지이며, WDXRF의 경우 베릴륨에서 우라늄 (Be에서 U)까지로 EDXRF보다 더 넓은 범위를 검출할 수

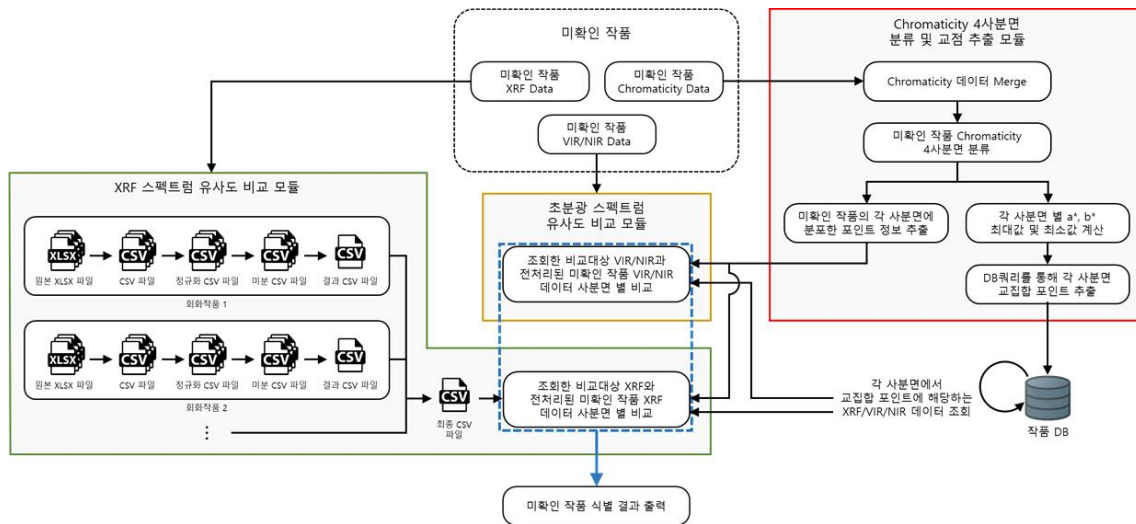


그림 1. 미확인 작품 작가 추정 시스템

Fig. 1. A system of author identification system for unknown paintings

있다. 측정 시간은 결정해야 할 요소의 수와 필요한 정확도에 따라 다르며 몇 초에서부터 수십 분까지 소요되지만, 측정 후 분석 시간은 이보다 더 짧은 수 초 내에 완료된다. XRF 분석의 정밀도와 재현성은 매우 높아 좋은 표준 표본을 이용했을 때 매우 정확한 결과를 도출 가능하다는 점과 특정 표준을 찾을 수 없는 응용 분야에서도 이용 가능하다는 점이 장점이다[6].

2.3 기존 연구

김정훈이 제안한 영상처리 기법을 활용한 한국 근대화 분석 방식은 작가의 특징적인 요소를 분석하여 진위를 판별할 수 있는 요소를 시그니처로 정의하여 시각정보처리 특징에 기반한 영상처리기법을 이용한다. 이러한 방식은 주관적으로 평가되던 작가의 색채, 선 등을 정량화하여 분석하였다는 것의 의미가 있지만, 이러한 방식의 경우 완전히 객관적인 데이터의 분석은 수행할 수 없으며 미술사와 감식에 대한 파악이 선행되어야 한다[7].

Polatkan, G가 제안한 이미지 분석 도구와 기

계 학습을 통한 진본 인증 방식은 HiddenMarkov-Tree 모델링을 이용하여 원본 및 사본의 데이터를 학습시켜 진품 인증을 수행한다. 해당 연구에서는 원본 이미지보다 사본 이미지가 더욱 선명하여 발생하는 실험 오류에 대하여 분석하고 새로운 데이터 세트의 도입을 통해 실험 결과를 도출하였지만 정확한 훈련 데이터가 없는 상황에서 해당 방식이 진품을 구별할 수 있는지에 관한 연구가 미흡하다[8].

3. 미확인 작품 작가 추정 과정

본 연구는 미확인 작품의 작가를 추정하기 위한 연구로써 미확인 작품과 비교군 간의 특성 비교를 위하여 색도 데이터인 CIE Lab을 통하여 비교 범위를 특정하고, 작품 특성 정보인 XRF 스펙트럼 데이터 및 초분광 스펙트럼 데이터를 이용한 유사도 비교 방식을 제안한다. 그림 1은 이러한 미확인 작품 작가 추정 방식의 흐름도이다.

3.1 미확인 작품 비교를 위한 분광 데이터 Feature 및 유사도 산출 방식 선정

미확인 작품과 비교 대상 작품의 유사성 비교를 위해 분광 데이터 중 Feature를 선정하여 비교를 수행한다. 다양한 실험을 통해 작품 간 특징이 가장 확실하게 나타나는 3가지 Feature로서 XRF 스펙트럼, 초분광 스펙트럼, Chromaticity 데이터를 선정하였다. 또한 작품 추정 정확도의 향상을 위하여 여러 방법을 적용하여 최종적으로 Chromaticity 데이터를 통한 교점 추출과 XRF 데이터의 전처리 및 Threshold 값을 통한 비교 방식, 초분광 스펙트럼 상관계수 산출로 작품 간의 유사도를 비교한다. 표 1은 이러한 Feature

선정 및 유사도 산출 방식의 내용과 결과에 대하여 기술하였다.

3.2 미확인 작품과 DB 저장 회화작품 간 교점 추출

본 연구에서는 미확인 작품과 DB 저장 회화작품 간의 특성 비교를 위해 미확인 작품의 각 포인트에서 색도값을 나타내는 CIE Lab의 a^* , b^* 값을 추출한 후 DB에 저장된 모든 회화작품의 a^* , b^* 값과 교점을 추출한다. CIE Lab에서 a^* 는 빨강과 초록 중 어느 색상 쪽으로 더 치우쳤는지를 의미하며, b^* 은 노랑과 파랑을 의미한다. 예를 들어 a^* 값이 음수일 경우 초록색을 더 많이 포

표 1. 미확인 작품 Feature 선정 실험 및 결과
Table 1. Experiments and results of feature selection for unknown painting

	XRF 스펙트럼	초분광 스펙트럼	Chromaticity	결과
실험 1	- CPS 강도 기반 추출 원소 순서 매칭	-	- 포인트 간 색도 차가 1 이하인 포인트 추출	- 비슷한 색도 차를 가져도 추출되는 원소가 다를 수 있어 Feature로 선정하기 부적합
실험 2	- 모든 포인트에서 추출되는 원소를 제외한 공통 추출 원소 카운트	-	- a^* , b^* 값을 기준으로 작품 포인트 4사분면 분류	- 모든 작품에서 모든 원소가 거의 공통적으로 모두 추출되어 분별이 어려움
실험 3	- 모든 포인트에서 임계값 이상의 CPS 강도를 가지는 원소 추출	-	- a^* , b^* 값을 기준으로 작품 포인트를 4사분면 분류한 후 각 사분면의 분포한 포인트 비율과 L값의 평균 측정	- CPS 강도만으로 Feature를 선정하기에는 작가를 특정 지을 수 없으며, L 값의 평균은 모든 작가에게서 비슷한 양상을 보일 수 있어 부적합
실험 4	- 임계값 이상 XRF CPS 강도 측정 원소 비율 측정 - CPS 강도 평균 측정	-	- a^* , b^* 값을 기준으로 작품 포인트를 4사분면 분류 후 a^* , b^* 의 평균을 계산	- a^* , b^* 값의 평균은 작품을 나타내는 Feature로 구분하기 어렵고, XRF 데이터의 원소 추출 비율 및 CPS 강도 평균은 작품 별로 뚜렷한 특징이 나타나지 않음
실험 5	- Raw 데이터를 normalizing 하고 미분 값을 구하여 차를 계산한 후 임계값 이하의 차를 가질 경우 유사함으로 판단	- Pearson, Spearman, Kendall 상관 계수 추출 후 강한 상관관계 측정	- a^* , b^* 를 기준으로 미확인 작품 포인트 4사분면 분류 후 DB 저장 데이터와 교점(포인트) 추출	- Chromaticity의 4사분면 분류 및 교점 추출을 통하여 색상이 유사한 포인트끼리 비교할 수 있도록 비교 범위를 줄임 - XRF의 미분값 비교를 통해 기울기를 비교하여 스펙트럼 유사도 추출 가능- 강한 상관관계를 가지는 포인트를 측정하여 비슷한 스펙트럼을 가진 포인트 추출 가능

함하며, 양수일 경우엔 빨간색을 더 많이 띄는 것을 의미한다. b*는 음수일 경우 파란색, 양수일 경우 노란색을 의미한다.

이러한 색도 데이터를 활용한 교점 추출 방식은 미확인 작품의 포인트를 a* x축, b* y축으로 설정하여 4사분면 분류를 수행하고 각 사분면의 a*, b* 최대값 및 최소값을 계산하여 교점 범위를 설정하고 DB 저장 회화작품 데이터 포인트 중에 해당 영역에 포함되는 포인트를 추출한다. 이를 통하여 색도가 비슷한 포인트끼리의 특성 비교가 가능해져 결과에 대한 신뢰성이 향상되며 또한, 비교군 데이터가 방대해질 경우 비교 범위를 줄일 수 있다.

그림 2는 미확인 작품 포인트의 4사분면 분류 예시와 DB 저장 데이터와의 교점 추출 예시를 보여준다.

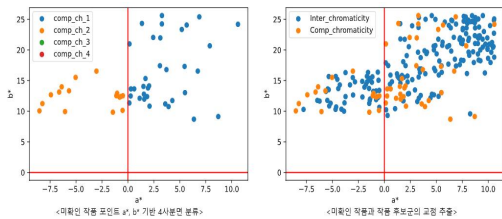


그림 2. 미확인 작품 포인트 4사분면 분류 및 교점 추출 예시

Fig. 2. Examples of unknown painting points classification and intersection extraction

3.3 DB 저장 회화작품과 미확인 작품 XRF 스펙트럼 비교

미확인 작품과 DB 저장 회화작품 간 색상 데이터를 이용한 교점을 추출한 후 작품 간 특성 비교를 수행한다. 비교를 수행하는 첫 번째 특성은 XRF 스펙트럼 데이터로써 XRF 스펙트럼의 x축은 Energy 값으로 0~40까지의 범위로 나타내 어지지만 y축은 검출 강도로 kilo-electrovolt (KeV)로 표현되며 15KeV와 40KeV의 두 가지

에너지값이 측정되기 때문에 결과를 도출하기 어렵다.

따라서 Energy 값을 0~15와 15~40의 두 범위로 나누고 각 에너지값 범위에서 더 유의미한 파장을 y축으로 이용하여 0~15부터는 15KeV, 15~40은 40KeV의 파장을 사용한다. 또한 XRF 스펙트럼의 유사도 비교 시 데이터의 이상치를 줄이기 위하여 Raw 데이터를 정규화하는데, 정규화의 공식은 {에너지값 / 최대값(15KeV or 40KeV)} * 100를 통해 진행하고 그 후 {다음 값 / 현재 값} / 0.02(현재값과 다음값의 에너지값 차)로 모든 지점의 미분값을 계산하여 기울기를 측정하여 측정된 기울기를 통해 스펙트럼의 비교를 수행한다. XRF 스펙트럼의 비교는 두 스펙트럼의 동일 Energy 지점의 차가 지정된 threshold 값 이상을 True로 카운트하여 유사도를 산출하며, 그림 3은 이러한 XRF 스펙트럼 유사도 비교의 예시이다.

pmid	point	db_fn	x_fn	energy	db_xps	x_xps	diffcps	result
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.16	9.596617	2.542319	7.054297	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.18	17.24138	4.554988	12.68639	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.2	7.644763	3.919408	3.725355	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.22	2.114509	-1.37709	3.491598	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.24	-7.31945	-5.50836	1.811095	T	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.26	-10.8979	3.177899	14.07575	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.28	-20.3318	-4.66092	15.6709	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.3	-6.01822	-5.40243	0.615789	T	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.32	-3.25309	-1.80081	1.452281	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.34	-2.27716	-0.95337	1.323793	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.36	1.138582	-1.80081	2.939391	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.38	4.391672	3.177899	1.213773	T	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.4	3.25309	-0.21186	3.46495	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.42	7.482108	3.919408	3.5627	F	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.44	7.156799	5.296498	1.860301	T	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.46	7.644763	6.038008	1.606755	T	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.48	-6.01822	-4.13127	1.886949	T	
2	4	PAINTING_CH-PAINTING_BABY_C	1.5	-9.92193	-4.2372	5.684728	F	

그림 3. XRF 스펙트럼 비교 예시

Fig. 3. XRF Spectrum Comparison Example

3.4 DB 저장 회화작품과 미확인 작품 초분광 스펙트럼 비교

미확인 작품과 DB 저장 회화작품 간 유사도 비교를 위해 두 번째로 사용되는 특성은 초분광 스펙트럼 데이터로써 파장 별로 500~900nm의 Visible/Infared (VIR)과 1000~1600nm의 Visible and near Infrared (VNIR)의 두 가지로 나누어진

다. 초분광 스펙트럼 비교는 각 포인트에서 파장별 Pearson, Spearman, Kendall의 세 알고리즘을 사용하여 상관계수를 구한다. 세 알고리즘을 이용한 비교 결과는 각 포인트의 선형성 및 단조성을 나타내며 지정된 Threshold 값 이상의 상관계수를 True로 카운트하여 유사도를 산출한다 [9],[10]. 그림 4는 초분광 스펙트럼 상관계수 추출에 대한 예시이다.

	A	B	C	D	E
1 DB_data	X_data	Pearson	Spearman	Kendall	
2 PAINTING_BEAUTY2_016-VIR Spectrum.bt	PAINTING_BABY_097-VIR Spectrum.bt	0.248715	0.21044	0.151144	
3 PAINTING_BEAUTY2_012-VIR Spectrum.bt	PAINTING_BABY_097-VIR Spectrum.bt	0.22128	0.127607	0.079483	
4 PAINTING_BEAUTY2_013-VIR Spectrum.bt	PAINTING_BABY_097-VIR Spectrum.bt	0.228637	0.15437	0.07789	
5 PAINTING_BEAUTY2_014-VIR Spectrum.bt	PAINTING_BABY_097-VIR Spectrum.bt	-0.04188	0.141941	0.113679	
6 PAINTING_BEAUTY2_015-VIR Spectrum.bt	PAINTING_BABY_097-VIR Spectrum.bt	0.365831	0.148812	0.093753	
7 PAINTING_CHEONBULSINANGMAI-024-VIR Spectrum.bt	PAINTING_BABY_097-VIR Spectrum.bt	0.439798	0.034529	0.018202	
8 PAINTING_CHEONBULSINANGMAI-020-VIR Spectrum.bt	PAINTING_BABY_097-VIR Spectrum.bt	0.669558	0.187814	0.133504	
9 PAINTING_CHEONBULSINANGMAI-021-VIR Spectrum.bt	PAINTING_BABY_097-VIR Spectrum.bt	0.152202	0.051565	0.022901	
10 PAINTING_CHEONBULSINANGMAI-022-VIR Spectrum.bt	PAINTING_BABY_097-VIR Spectrum.bt	-0.01141	0.041995	0.010338	
11 PAINTING_CHEONBULSINANGMAI-023-VIR Spectrum.bt	PAINTING_BABY_097-VIR Spectrum.bt	0.36243	0.045286	0.01539	

그림 4. 초분광 스펙트럼 상관계수 추출 예시

Fig. 4. Example of Hyperspectral Spectral Correlation Coefficient Extraction

4. 미확인 작품 식별 성능 실험

실제 미확인 작가를 대상으로는 본 연구에서 구축한 시스템의 기능을 실험 결과를 확인하기 어렵기 때문에 이미 작가가 알려진 김형구 작가의 작품 여인상의 데이터 세트를 이용하여 미확인 작가의 작품으로 가정하고 본 시스템의 기능 실험을 진행하였다.

그림 5. 미확인 작품 작가 추정 시스템 실험 결과

Fig. 5. Experimental results of unknown paintings artist estimation system

실험 결과 미확인 작가의 작품은 김형구 작가의 작품 특징과 가장 유사도가 높았으며 이를 통해 미확인 작가로 가정하였던 김형구 작가를 찾아낼 수 있음을 알 수 있다.

따라서 알려진 작가의 작품이 아닌 실제 미확인 작가의 작품으로 실험을 진행할 경우, 해당 작품의 특징과 가장 유사한 특징을 가지는 작가를 확인하여 해당 작가의 작품임을 추정할 수 있는 근거로 사용될 수 있다.

5. 결론

미술 작품만이 아닌 홀로그램 작품까지 포함하여 블록체인 기반의 NFT 거래가 활발해지고 있고 방대한 미술시장에서 특정 작가의 작품이 고가에 거래되기 때문에 이를 악용한 위작 또한 많이 제작되고 유통된다. 이에선 실제 존재하는 작품을 모사한 위작도 존재하지만, 해당 작가의 화풍을 따라하여 제작한 위작도 존재한다. 하지만 위작의 제작 방법이 전문가를 통해서도 진위 판정이 어려울만큼 점점 정교해지고 있기 때문에 분석 데이터를 활용하여 미확인 작품이 해당 작가의 진품인지 판별할 수 있는 방안에 대한 연구의 필요성이 대두되었다.

따라서 본 논문에서는 회화작품의 특성 데이터인 색도 데이터와 XRF 스펙트럼 데이터, 초분광 스펙트럼 데이터를 이용한 미확인 작품 추정 시스템을 제안하였다. 본 기술은 특정 작가의 미확인 작품이 발견될 시 작가를 추정하는데 활용될 수 있다. 향후 더 많은 Feature의 선정과 비교 방법을 연구하여 미확인 작품 추정 결과의 신뢰성 및 정확도를 높인다면 더 많은 작가의 미공개 작품 판별에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

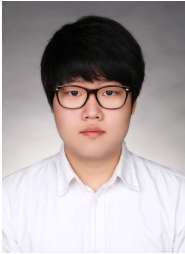
Acknowledgement

본 연구는 문화체육관광부 및 한국저작권위원회의 2021년도 저작권기술 연구개발 사업으로 수행되었음

참 고 문 헌

- [1] 김나원, 신형덕, 정태영. “작가의 사망여부와 거래빈도가 미술품 위작에 미치는 영향”, 한국콘텐츠학회논문지, 15.4, pp.97-103, 2015, DOI: <https://doi.org/10.5392/JKCA.2015.15.04.097>
- [2] 윤범모, “한국근대미술품과 진위문제”, 현대미술학회논문집, 제2호, pp.7-45, <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01225907>, 2004.
- [3] Shippert, Peg., “Introduction to hyperspectral image analysis”, Online Journal of Space Communication, <https://spacejournal.ohio.edu/pdf/shippert.pdf>, 2003.
- [4] 이문섭, et al., “초분광 이미징 기술동향”, 전자통신동향분석 34권 1호, pp.86-97, Feb. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2019.J.340108>
- [5] Brouwer, Peter, “Theory of XRF”, Almelo, Netherlands, PANalytical BV, <https://home.iiserb.ac.in/~ramyasr/files/Manuals/XRF.pdf>, 2006.
- [6] Shackley, M. Steven, “An introduction to X-ray fluorescence (XRF) analysis in archaeology”, X-ray fluorescence spectrometry (XRF) in geoarchaeology. Springer, New York, NY, pp.7-44, 2011. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6886-9_2
- [7] 김정훈, 우정아, “영상처리기법을 응용한 한국 근대화 분석 이중섭과 박수근의 작품을 중심으로”, 한국근현대미술사학(구 한국 근대미술사학), no.20, pp.156-175, Dec. 2009. <https://koasas.kaist.ac.kr/handle/10203/97602>
- [8] Polatkan, Güngör, et al., “Detection of forgery in paintings using supervised learning”, 2009 16th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). IEEE, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICIP.2009.5413338>
- [9] Chok, Nian Shong, “Pearson’s versus Spearman’s and Kendall’s correlation coefficients for continuous data”, Diss. University of Pittsburgh, 2010. http://d-scholarship.pitt.edu/8056/1/Chokns_etd2010.pdf
- [10] Rebonatto, Marcelo Trindade, Maurício Antonioli Schmitz, and Luiz E. Schardong Spalding, “Methods of comparison and similarity scoring for electrical current waveforms”, 2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). IEEE, 2017. DOI: <https://doi.org/10.23919/CISTI.2017.7975804>

저 자 소 개



박경엽(Kyung-Yeob Park)

2019 서울과학기술대학교 컴퓨터공학과 석사
2019-현재 : 엘에스웨어(주) 주임
<주관심분야> 홀로그래프 저작권 보호 기술, IoT 보안, 블록체인, 빅데이터



김주성(Joo-Sung Kim)

2008 인하대학교 정보통신공학 박사수료
2013-2015 트라이언소프트 차장
2015-2016 목포과학대학교 정보관리팀장
2016-2020 피씨엔 R&D팀장
2020-현재 엘에스웨어(주) 수석연구원
<주관심분야> 데이터마이닝, 빅데이터, IoT, 인공지능, 메타버스



김현수(Hyun-Soo Kim)

2019 단국대학교 소프트웨어학과 학사
2019-현재 : 엘에스웨어(주) 주임
<주관심분야> 소프트웨어 공학, 소프트웨어 테스트, 네트워크, 인공지능



신동명(Dong-Myung Shin)

2003 대전대학교 컴퓨터공학과 박사
2001-2006 한국정보보호진흥원
응용기술팀 선임연구원
2006-2014 한국저작권위원회
저작권기술팀 팀장
2014-2016 한국스마트그리드사업단
보안인증팀 팀장
2016-현재 엘에스웨어(주)
연구소장/상무이사

<주관심분야> 오픈소스 라이선스, 시스템/
네트워크보안, SG인증/보안, SW취약점분
석·감정, 블록체인