

# 감성리컬러링을 통한 회화적 렌더링과 평가에 관한 연구

## A Study on the Painterly Rendering and Evaluation through Emotional Recoloring

이태민<sup>1</sup>

Taemin Lee<sup>1</sup>

### 요약

화가가 어떤 장면을 그림으로 표현할 때, 장면을 그대로 표현하는 경우도 있지만, 일반적으로 자신이 느끼는 감정을 기반으로 그림을 그린다. 감정을 표현할 수 있는 예술적 표현 방식들이 존재하기 때문에, 이런 방식들이 그림에 적용된다. 감정 표현 요소들이 관찰자들에게 영향을 미치게 되면서, 화가가 장면을 보며 느낀 감정을, 관찰자들은 그림을 통해서 느낄 수 있게 된다. 기술의 발전에 따라서 이미지를 이용하여 다양한 표현이 가능하게 되었지만, 비전문가들이 그림 요소들을 능숙하게 사용하여 감정 표현까지 하기에는 어려움이 존재한다. 본 연구에서는 사용자가 자신이 원하는 감정을 이미지에 반영하여, 반영된 색상을 기반으로 회화를 만들어내는 시스템을 제안한다. 본 연구에서는 감정에 가장 크게 연관이 되는 시각 정보인 색상을 이용하여, 감정과 색상과의 관계를 찾아낸다. 사용자가 특정 감성을 선택하며 그 감성에 맞는 색상 팔레트를 제작한 후, 만들어진 색상 팔레트를 기반으로 이미지를 리컬러링한다. 그 후 리컬러링된 이미지를 이용하여 회화적 렌더링을 진행하면, 사용자의 감성에 맞는 회화가 만들어지게 된다.

핵심어 : 회화적 렌더링, 감성 컴퓨팅, 리컬러링, 감성 기반 렌더링, 감성 렌더링 검증

### Abstract

When an artist draws a scene as a painting, there are cases where the scene is expressed as it is, but in general, he draws a painting based on his feelings. Since there are artistic expression methods that can express emotions, these methods apply to paintings. As the emotional expression elements influence the observers, the artist's feelings while watching the scene, and the observers can feel them through the paintings. With the development of technology, various expressions have become possible using images, but it is difficult for non-experts to skillfully use picture elements to express emotions. In this study, a system is proposed in which a user reflects the emotions he or she wants in an image and creates a painting based on the reflected color. In this study, the relationship between emotion and color is found using color, which is visual information that is most related to emotion. After the user selects a specific emotion and creates a color palette suitable for the emotion, the image is recolored based on the created color palette. After that, when painterly rendering is performed using the recolored image, a painting suitable for the user's emotion is created.

Keyword : Painterly Rendering, Emotional Computing, Recoloring, Emotion based Rendering, Validation of emotional paintings

<sup>1</sup> Davinci SoftWare Institute, ChungAng University, Seoul, Korea [Special Affair Professor]  
e-mail: kevinlee@cglab.cau.ac.kr

Received(July 25, 2021), Review Result(1st: August 21, 2021, 2nd: September 15, 2021), Accepted(October 8, 2021), Published(October 31, 2021)



© 2021 The Authors. Published by NCISS.  
This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.  
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

## 1. 서론

화가들은 그림을 그릴 때, 자신이 본대로 그대로 그리지 않고, 시각적으로 발생한 경험을 기반으로 특정 예술적 표현 방식을 이용하여 그림을 그린다. 즉 어떤 감성을 표현할 수 있는 예술적 특징들이 존재하며, 이 요소들에 따라서 그림에 나타날 수 있는 감성들이 달라진다는 뜻이다. 비전문가들이 그림을 관찰할 때, 이러한 요소들을 분석하며 관찰하지 않더라도, 그 특징들의 조합으로 자연스럽게 화가가 그림을 그릴 때 느꼈었던 감정을 관찰하면서 똑같이 경험할 수 있게 된다. 컴퓨터 과학이 발전함에 따라서, 예술 작업을 할 수 있는 프로그램 툴들이 발전하였고, 비전문가들도, 예술 콘텐츠들을 제작할 수 있는 기회들이 많아졌다. 하지만, 이런 프로그램 툴들은 선을 잘 그리거나, 색을 깔끔하게 칠할 수 있는 기술적 보조도구로서의 역할을 하고 있다.

비전문가들의 예술적 콘텐츠에 접근이 쉬워짐에 따라서, 인간의 감정을 시스템적으로 분석하는 연구들이 매우 중요한 과제가 되었다. 따라서, 사람들이 사진, 회화나 음악과 같이 예술적 콘텐츠를 통해 느끼는 감정을 주목하는 연구들도 활발하게 수행되었다. 일반적으로 이런 연구들은 콘텐츠에서 감성을 예측해내는 연구에 많이 집중되어 있다. 본 연구는 이 과정을 거꾸로 진행하여, 어떤 감정이 주어졌을 때, 이 감정을 기반으로 예술작품인 회화를 생산해낼 수 있는 시스템을 제안한다.

인간은 시각적인 자극을 통해서 가장 많은 정보를 얻는다. 눈으로 들어오는 정보들이 가장 많은 자극을 주기 때문에, 인간의 감정에 시각적 요소들이 가장 많이 영향을 미친다고 할 수 있다. 본 연구에서는 감정에 영향을 가장 크게 미칠 수 있는 색상을 이용한다. 색상과 감정의 연관성을 이용하여 어떠한 감정에 대한 색상 조합을 찾아내고, 이 색상 조합을 가지고 팔레트를 제작한다. 제작된 팔레트를 이용하여, 회화로 만들 사진을 리컬러링하여, 사진의 전체적 색감을 표현하고자 하는 감정 형태로 만든다. 그 후에 바뀐 사진을 회화적 렌더링을 이용하여 회화를 제작함으로써, 사용자들에게 특정 감성을 느끼게 할 수 있는 회화를 만든다. 최종적으로, 이렇게 제작된 회화를 사용자 조사를 통한 정성적 평가와 딥러닝으로 제작한 모델을 통해 정량적 평가를 진행하여 본 연구를 검증한다.

본 논문의 공헌도는 크게 다음과 같다. 첫째, 기존의 색상-감정 조합을 이용하여 감성-색상 팔레트를 만든다. 이것은 우리의 연구에서만 사용될 수 있는 것이 아니라, 다른 연구들에서도 응용할 수 있다. 둘째, 제작된 팔레트를 이용하여, 회화를 제작함으로써, 비전문가들도 쉽게 감성을 표현할 수 있는 예술적 콘텐츠를 제작할 수 있게 된다. 이것은 색상을 기반으로 제작한 회화적 렌더링 기술이기 때문에, 질감과 같은 다른 특징들을 추가함으로써, 감성 기반 회화적 렌더링의 기본 기술이 될 수 있다. 셋째, 딥러닝 모델을 통한 회화-감성 예측 모델을 제작함으로써, 정량적 평가가 가능하

도록 한다. 회화적 렌더링을 통해 나온 결과를 정량적으로 평가하기는 일반적으로 어려운 일이다. 사람마다 느끼는 것이 다르기 때문이다. 우리는 회화-감성값을 미리 조사하여, 그 값을 기반으로 회화에서 감성을 예측할 수 있는 모델을 제작하여, 우리가 만든 감성 기반 회화가 얼마나 잘 만들어졌는지를 평가할 수 있다.

## 2. 관련 연구

이미지에 다양한 변환을 주어 예술 콘텐츠를 제작하는 연구들은 다양한 범위에서 수행되어 왔다. Reinhard [1]는 먼저 색상을 복사할 원본 영상과 색상을 옮길 입력 영상 사이의 평균과 분산을 일치시키는 자동 색상 전이 알고리즘을 제안했다. 먼저, 두 영상의 색공간을 RGB에서 Lab로 변환하고, 각 색축의 평균과 표준편차를 계산하였다. 색상을 바꿀 영상의 픽셀 값을 복사할 원본 영상의 평균 및 표준 편차에 따라 색상을 변환하였다. 그 후 색 공간을 다시 RGB로 변환함으로써 원본 영상의 색감을 입력 영상에 그대로 옮기는 색상 전이 결과를 생성해내었다. Reinhard의 연구를 시작으로 다양한 색상 전이와 리컬러링 연구들이 진행 되어왔다. [2][3]은 서로 다른 색상공간에서 연구되었는데, 각각 HSI색상공간과 Lab 색상공간을 이용하여 색상 전이 기법을 제안하였다. 뿐만 아니라 색상을 전이하는 방법을 다르게 한 [4-7]의 연구들도 존재한다.

기존의 연구들이 단순하게 전달하는 데에 초점을 맞추어 연구했다면, [8][9]의 연구들은 기존의 연구에서 또 다른 부분들을 고려하였다. 색상은 시각적 자극으로서, 인간의 감정에 많은 영향을 미칠 수 있기 때문에, 이 연구들은 색상과 인간의 감정간의 관계를 이용하여, 색상전이기법을 제안하였다. [8]은 원본 이미지에서 색상을 추출할 때 사용자의 선택에 따라 색상을 전이하기 위해 색상 감정 이론을 결합하여 다양한 감성 색상 테마를 제공하는 연구를 제안하였다. [9]의 연구는 색상 전이를 통해 특정한 감정을 유발하는 이미지를 만들어내는 연구를 본격적으로 제안했다. 색상 전이를 위해 감성 키워드 27개와 감정별로 24가지 색상으로 구성된 팬톤(Pantone) 색상 배열로 이루어진 데이터베이스를 활용했고, 이를 통해 특정 감정을 유도할 수 있는 이미지를 만들었다. 대상 영상과 대상 감정을 입력하면 24가지 팬톤 색상을 사용하여 대상 영상에 색상이 전이되도록 하였다.

색상이 아닌 다른 시각적 정보를 이용하여 예술 콘텐츠를 만들고, 여기에 감정을 표현할 수 있도록 하는 연구들도 존재한다. 화가들이 그리는 그림을 컴퓨터로 시뮬레이션하는 회화적 렌더링이 대표적이다. 그 중에서도 스트로크 기반 회화적 렌더링 분야는 이미지를 생성하기 위해서 픽셀이 아닌 붓질의 단위인 스트로크를 이용하여 표현하기 때문에, 이 스트로크의 표현 방식에 따라서 다양한 효과를 낼 수 있다 [10-12]. 회화적 렌더링 연구의 발전과 함께, 스트로크의 표현방식에 인간의 감정을 적용한 연구가 진행되기 시작하였다. [13]은 사람의 표정을 입력받아, 감정을 추출하고

그 감정을 기반으로 그림을 그리는 연구이다. 사람의 감정을 읽기 위해, 입의 형태나 눈썹의 움직임의 구성을 감지하기 위한 FACS(Facial Action Coding System)의 동작 단위가 사용되었다. 또한 인간의 감정을 추출할 수 있는 “Machine Vision System”과 회화적 렌더링을 구현하는 “Painting Pool System”이 결합되어 인간의 감정을 반영한 그림을 그렸다. “Painting Pool System”은 브러시 스타일, 소재, 색상을 채우는 방식 등의 다양한 파라미터를 사용하기 때문에 감성에 따라서 여러 가지 방법으로 회화를 제작하였다. [14]와 [15]가 이런 방식으로 수행된 대표적 연구들이다. 여기서 발전하여 [16]은 사용자의 감성을 기반으로 다양한 브러시 스타일을 기계학습을 통해서 감성과 연관시켜, 감성이 바뀔 때마다 브러시 스타일을 바꿔가며 자동으로 렌더링하는 시스템을 제안하였다. 우리의 연구는 기존의 연구들처럼 다양한 브러시 스타일을 바꾸기보단 색상을 중심으로 하여, 감성과 연관시켜 표현하는 회화적 렌더링 기술을 개발하고, 이를 정량적으로 평가할 수 있는 방법에 대해서 제안한다.

### 3. 감성 기반 회화적 렌더링 시스템

#### 3.1 시스템 개요

본 연구는 사용자의 감성에 맞게 회화적 렌더링 결과를 제작하는 시스템을 제안한다. 우리의 연구는 크게 두 단계로 나눌 수 있다. 감정을 기반으로 색상을 선택하여 리컬러링하는 단계와 리컬러링된 이미지를 회화로 만드는 단계이다. 두 단계를 통해, 사용자의 감성에 가장 영향을 많이 끼치는 색상을 기준으로 주어진 입력 이미지의 색상을 바꾸고, 바꾼 이미지를 회화로 제작함으로써 결과를 생성한다. [그림 1]은 우리의 시스템 개요도를 보여준다.

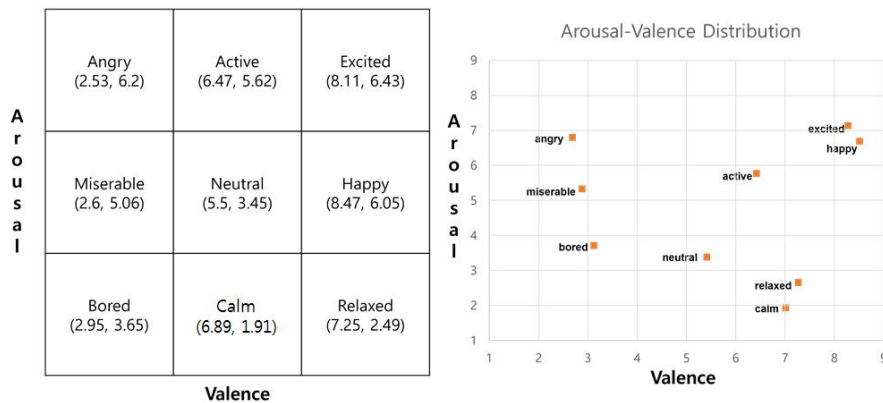


[그림 1] 시스템 개요도(박스 안에 있는 정보가 우리가 진행하는 단계이다)

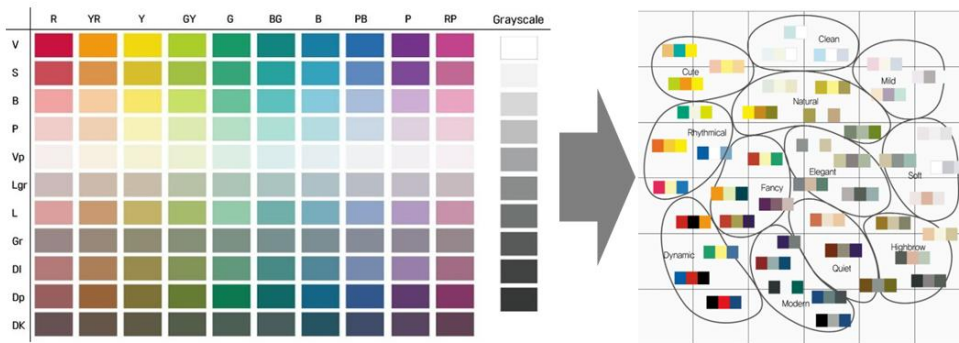
[Fig. 1] System flow(The information in box is the method of this paper)

### 3.2 감성 기반 리컬러링

감성 기반으로 주어진 이미지를 리컬러링 하기 위해서 우리는 감성에 맞는 색상 팔레트를 정의하였다. 이 때 사용하는 감성 공간은 Arousal-Valence(A.V.) [17] 감성 공간이다. 감성의 모든 공간을 커버할 수 있는 연속적인 감성값을 기반으로 색상 팔레트를 구성하는 것은 불가능하기 때문에, 우리는 이 공간을 크게 9개로 나누어 각 구간에 대표적인 형용사 감성을 하나씩 정의하였다. [그림 2]는 본 연구에서 정의된 감성 형용사들과 그 때의 A.V.값 [18]과 함께 A.V.공간에서 형용사가 어떻게 분포되어 있는지를 보여준다.



[그림 2] Arousal-Valence 감성 공간을 9개의 형용사로 구분한 비연속적 감성 공간과 분포  
[Fig. 2] A discrete emotional space divided into 9 adjectives in the Arousal-Valence emotional space and its distribution in A.V. coordinate



[그림 3] Kobayashi가 정의한 130개의 색상과 색상공간 안에서 3색배색을 통한 감성형용사 분포 예시 [19]  
[Fig. 3] Example of distribution of emotional adjectives through three-color coloring within 130 colors and color spaces defined by Kobayashi [19]

각 감성에 맞는 색상을 정하기 위해서, 우리는 고바야시의 색상-감성 좌표계를 이용하였다 [19]. 감성 기반으로 주어진 이미지를 리컬러링 하기 위해서 우리는 감성에 맞는 색상 팔레트를 정의하였다. 고바야시는 색상을 [그림 3]과 같이 130개의 색상으로 구성하고 각각의 색상을 조합하여, 감성좌표계에 감성형용사와 함께 배치하였다. 고바야시가 정의한 3색배색-감성형용사 매칭은 174개의 감성형용사와 460개의 3색배색 매칭을 통해 구성되어 있다. [표 1]은 그 일부를 보여준다.

[표 1] 감성 형용사에 매칭되어 있는 3색 배색 예시

[Table 1] Example of 3-color combination matching with emotional adjectives.

Emotional Adjective	"Mild"		"Gloomy"		"Sad"	
3-color Combination						
Color Contents	YR/Lgr	R/L	P/Dk	G/Gr	N1.5	N5
	R/Gr	YR/P	P/Lgr	N6	N3	P/Gr
	R/Lgr	R/P	P/Gr	N5	N4	N8

9개의 감성 형용사에 고바야시 색상을 매칭시키는 데에는 2가지 문제점을 해결해야한다. 첫 째는 리컬러링을 위해 사용한 감성 구간은 9가지이고, 고바야시의 색상 배색 형용사는 174개이기 때문에, 우리의 감성 형용사와 고바야시 색상 배색을 매칭시켜야할 필요성이 존재한다. 둘째, 우리의 감성 형용사는 Arousal-Valence 감성 공간이고, 고바야시 3색 배색공간은 고바야시 감성 공간이기 때문에, 서로 다른 공간에서의 매칭이 필요한 점이다. 따라서 우리는 고바야시 감성 공간의 형용사들도 [18]의 연구들 통해서 A.V. 감성 공간에 매칭시키고, 수식 (1)과 같이 유클리디안 거리값을 이용하여, 가까운 형용사와 3색 배색을 매칭하였다. A와 V는 각각의 Arousal, Valence 값을 의미하고, adj는 우리의 감성 형용사 9개이고, ko는 고바야시 형용사의 A.V. 값을 의미한다. 수식 (1)을 통해 계산된 거리 값중 0.7이상으로 가까운 값들을 갖는 고바야시 형용사들의 3색 배색만 우리의 감성 형용사에 맞는 색상으로 정의하고, 리컬러링을 진행하였다.

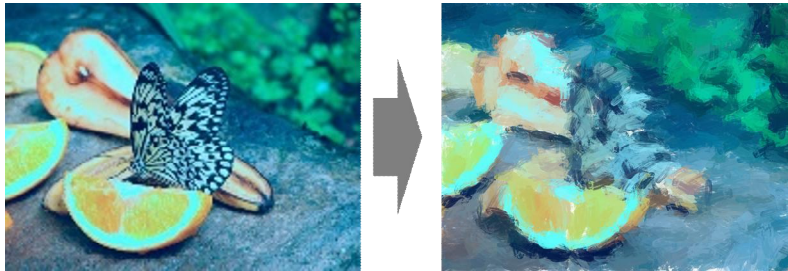
$$D = \sqrt{(A_{adj} - A_{ko})^2 + (V_{adj} - V_{ko})^2} \tag{1}$$

선택된 3색 배색들중에서, 사용자 입력을 통해서 한 가지 3색 배색을 선택하고, 선택된 3색 배색을 이용하여 리컬러링을 진행하였다. 이 때 [5]의 연구를 이용하여 리컬러링을 진행하였다. [5]는 원본 이미지와 팔레트 색상 사이의 색상 회귀선을 계산하여, 원본 이미지의 시각적 품질을 유지하면서 자연스러운 리컬러링을 수행한다는 장점이 존재한다.

### 3.3 스트로크 기반의 회화적 렌더링

주어진 색상을 이용하여, 이미지를 감성에 맞게 변경을 한 후에, 우리는 스트로크 기반의 회화

적 렌더링을 적용하였다. 색상을 잘 반영하면서, 회화적 렌더링을 수행하기 위해서, [10][12]에서 용한 렌더링 기법을 응용하였다. 뿐만 아니라 속도의 향상을 위해서 [20]의 연구를 응용해서 GPGPU를 사용하여 빠른 렌더링 결과를 생성해냈다. 각 색상을 찾아내고, 다양한 스트로크의 특징을 변경하면서 렌더링을 진행하면, 속도가 떨어질 수 밖에 없기 때문에, 대부분의 파라미터들을 고정해두고, 리컬러링된 이미지를 회화 형태로 만들어내는데에 초점을 두었다. [그림 4]는 리컬러링된 색상을 한 장에 대해서 회화적 렌더링을 한 결과이다.



[그림 4] 감성 형용사 “평온한”을 기반으로 한 리컬러링 회화 렌더링 결과

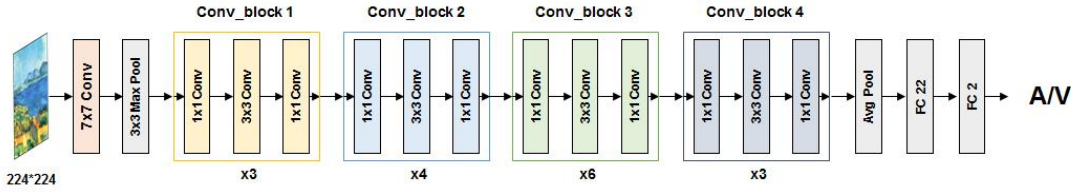
[Fig. 4] The result of the recolored painterly rendering based on the emotional adjective “calm”

### 3.4 감성 값 예측 모델

감성 렌더링 연구에서 감성을 잘 반영하여 렌더링 했는지를 평가하는 것은 매우 어렵다. 사람마다 결과를 보고 느끼는 것이 다르기 때문에, 일반적으로 사용자 설문을 통해서 정성적인 평가를 진행한다. 본 연구는 기존에 조사된 회화들의 감성을 기반으로 임의의 회화가 들어왔을 때, 그 회화의 감성을 계산하는 모델을 제작하여, 평가지표로 만들었다. 감성 렌더링 결과를 우리의 감성 예측 모델에 대입한 후 예측된 감성 결과와 반영하고자 한 감성이 어느 정도의 유사성을 가지고 있는지를 계산하는 방법이다. 이 때 현재 학습을 위해 가지고 있는 데이터베이스의 양이 적기 때문에, A.V. 1~9까지의 모든 범위를 적용할 수 있는 모델을 제작하기는 어렵다. 따라서 입력값의 A와 V의 최대 최소값을 1과 9로 정규화하여, 데이터의 분포를 양 극값까지 분포시켜 A.V. 값을 예측해 보고 비교하였다.

본 연구에서는 기존에 회화와 A.V.값이 조사된 정보 [21]를 이용하여 감성 예측 모델을 제작하였다. 감성 예측을 위해 사용한 신경망은 이미지 분석에 가장 효과적인 Convolutional Neural Network (CNN) 계열의 ResNet50 신경망 [22]을 사용하였다. 실험에 사용된 모델의 세부 아키텍처는 [그림 5]와 같다. 우리는 ResNet50의 기존 네트워크 모델을 일부 수정하여, 우리의 예측 모델에 맞도록 하였다. 기존 ResNet의 경우 ImageNet의 1000개 클래스 분류를 위해 사용되었기 때문인데, 우리는 마지막 FC Layer의 아웃풋 차원을 2개로 수정하였다. ResNet50 실험의 경우 최초

learning rate를 1e-4로 설정하였다. 모든 딥 러닝의 하이퍼 파라미터는 실험을 통해 가장 안정적으로 학습이 진행되며 성능이 좋았던 파라미터를 채택하였다. 모든 손실 함수(Loss Function)으로는 MSE(Mean Square Error) 를 사용하였으며 수식 (2)와 같다.



[그림 5] 감성 평가를 위해 사용된 수정된 ResNet50 신경망

[Fig. 5] Modified ResNet50 neural network used for emotion evaluation

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_i^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \tag{2}$$

학습은 NVIDIA Tesla V100을 통해 진행되었으며 우리의 실험에 필요한 모델은 Scikit-learn과 Pytorch를 통해 모델링하였다. Train과 Test는 0.7:0.3 비율로 분리하였으며 모든 데이터 로딩과 학습 망 구성에 있어 랜덤 시드를 고정하였다. 학습 회화 이미지에 정규화(Normalization) 후 학습을 진행하였다. 본 연구에서 생성된 모델의 평가는 3가지 지표를 통해 확인할 수 있다. 3가지 지표는 다음과 같다, 1) MSE 평가: Arousal과 Valence에 대한 평가 Metric으로는 MSE를 사용하였다. 2) Model Size: 학습에 필요한 모델의 크기 또한 중요한 요소가 될 수 있다. 보다 더 작은 모델 사이즈를 가질수록 경량화와 최적화 관점에서 더 우수한 모델이라고 평가할 수 있다. 모델을 객체화한 뒤 런타임(Run Time) 내 객체가 차지하는 메모리 공간의 크기를 측정하였다. 3) Inference Time: 학습된 모델이 주어진 Input을 처리하여 Output을 반환하는데 소요되는 시간을 측정하였으며, 짧은 시간이 소요될수록 좋은 모델이라고 평가할 수 있다. [표 2]는 이 지표를 나타낸 것이고, 표에서 확인할 수 있듯이, 감성 예측 모델은 평가 모델로서 충분히 사용할 수 있는 에러율과 소요 시간이 다. 이 모델을 기반으로 감성리컬러링된 회화의 감성을 평가하였다.

[표 2] 감성 예측을 통한 회화적 렌더링 평가 모델의 특징

[Table 2] Characteristics of the painterly rendering evaluation model through emotional prediction

Stopping Epoch	Arousal MSE	Valence MSE	Model Size(MB)	Inference Time in V100(ms)
200	1.585	1.796	94.585	851.206

## 4. 실험 결과

### 4.1 회화적 렌더링 결과

본 시스템은 Windows10, 64비트, Microsoft visual studio2017의 MFC에서 Opencv 3.3.0라이브러리를 이용하여 구현되었다. 회화적 렌더링에 사용되는 컴퓨터 하드웨어는 32GB 램을 탑재한 인텔 코어 i7-4790 CPU(3.60GHz), 그래픽 카드는 GTX 960이다. [그림 6]은 우리 시스템을 통해 원본 이미지를 9가지 감성에 맞도록 리컬러링과 함께 회화적 렌더링을 한 결과이다. 결과에서 확인할 수 있다시피 다양한 색상값이 반영되어 리컬러링되고 회화적 렌더링이 적용된 것을 확인할 수 있다.



[그림 6] 감성리컬러링을 통한 회화적 렌더링 결과(상단의 이미지는 원본이미지이다.)

[Fig. 6] Painterly rendering results through emotional recoloring(The image at the top is the original image.)

## 4.2 렌더링 검증

감성리컬러링 회화적 렌더링을 평가하기 위해, 우리가 만든 예측모델을 통해서 검증을 진행하는 정량적인 방법과, 사용자 조사를 통한 정성적인 방법을 사용하였다. 3.4장에서 만든 모델을 이용하여, [그림 6]의 감성값을 예측해하였다. 이 때, 우리가 만든 모델의 경우, 입력 이미지와 감성 분포가 매우 한정적이기 때문에, 최대값 최소값을 기준으로 A.V. 값의 최소, 최대인 1부터 9까지 정규화 시켜 결과를 비교하였다. [표 3]은 우리의 모델을 이용하여 나온 예측값과 기존의 감성 형용사가 가지고 있는 A.V. 값을 비교하여 에러율을 보여준다.

[표 3] 감성 형용사와 회화적 렌더링 결과 감성값의 비교

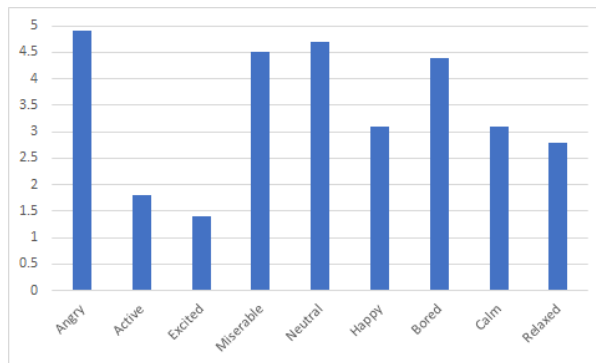
[Table 3] Comparison between emotional adjectives and painterly rendering results

Adjectives	Word Arousal	Word Valence	Painting Arousal	Painting Valence	Distance	Error Ratio(%)
Angry	2.53	6.2	4.02	8.69	2.90	41.6
Active	6.47	5.62	3.36	2.92	4.12	59.5
Excited	8.11	6.43	6.04	5.63	2.22	29.3
Miserable	2.6	5.06	2.87	3.93	1.16	22.4
Neutral	5.5	3.45	7.55	3.84	2.09	21.0
Happy	8.47	6.05	162	1.78	8.07	81.5
Bored	2.95	3.65	2.82	4.23	0.60	2.8
Calm	6.89	1.91	3.93	6.94	5.89	6.1
Relaxed	7.25	2.49	6.97	2.56	0.28	11.7

에러율에서 확인할 수 있듯이, 몇 가지 감성에 대해서는 잘 반영된 회화적 렌더링이 된 것을 알 수 있다. 하지만 “Active”, “Angry”, 와 “Happy”는 매우 큰 에러율을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다. 이 것은, 고바야시 감성좌표계에서 색상을 가져올 때 그 감성을 정확하게 반영하지 못하는 색상을 가져왔기 때문이다. 이 세가지 감성을 제외한 나머지 감성에 대해서는 각 렌더링이 70%~95%의 감성 반영률을 나타낸 것을 확인 할 수 있다.

우리의 연구를 더 검증하기 위해서 사용자 조사를 통한 정성적 평가를 진행하였다. 미술분야에 비전문가 10명에게 원작 이미지와 감성이 반영된 회화적 렌더링을 보여주고 우리의 결과가 해당 감성 형용사를 잘 반영하고 있는지를 점수평가를 받았다. 1~5까지의 점수를 제공받아서, 평균을 계산하였고, [그림 7]은 그 결과를 도식화 한 것이다. 전체 평균은 2.5를 넘었으며, 정량적 평가와 비슷하게, 특정 감정에 대해서는 점수가 낮았지만, “Neutral”, “Miserable”, “Bored”, 와 “Relaxed”는 높은 평가를 받았다. 추가로 “Angry”의 경우 정량적 평가에서는 높은 평가를 받지 못했지만, 정성적

평가에서는 높은 점수를 받았다. 이 것은 학습단계에서 빨간색에 대한 학습데이터가 부족하여 생긴 현상으로 분석되었다.



[그림 7] 사용자 조사를 통한 검증 결과

[Fig. 7] Verification through user-study

## 5. 결론

본 논문은 감성리컬러링을 통한 회화적 렌더링 기법에 대해 제안하고, 그 기법을 평가할 수 있는 방법에 대해서 제시한다. 이를 위해서, 감성 좌표계를 9개로 분류하고, 각각 분리된 감성 공간에 감성 형용사를 하나씩 정의하였다. 정의된 형용사에 맞는 감성 A.V.값에 맞는 3색 배색을 정의하여, 3색 배색을 기반으로 주어진 입력 이미지를 리컬러링한다. 리컬러링된 이미지에 회화적 렌더링을 진행하여, 감성에 맞는 회화를 제작한다. 추가로, 제작된 회화가 감성을 잘 반영했는지를 신경망을 통한 정성적 평가와 사용자 조사를 통한 정량적 평가를 하여 검증하였다. 우리의 연구는 다음과 같은 공헌도를 가지고 있다. 주어진 입력 이미지에 대해서 감성에 어울리는 회화를 제작하였다. 이 것은 비전문가들에게 자신들이 표현하고 싶은 감성-예술 콘텐츠들을 제작하는데 많은 도움을 줄 수 있다. 또한 신경망을 통해 회화로부터 감성을 예측하는 모델을 제작하였다.

본 논문은 몇 가지 발전 가능성이 존재한다. 첫 째, 비연속적 감성 표현에 대한 부분이다. 9가지의 감성 형용사가 아니라, 연속적인 Arousal과 Valence 값을 기반으로 각각의 수치에 맞는 색상 팔레트를 제작한다면, 더 높은 정확도의 리컬러링이 가능할 것이다. 둘째, 감성 예측 모델 제작의 정확도이다. 현재는 적은 개수의 A.V.-회화를 기반으로 예측 모델을 제작하였기 때문에, 결과에서처럼 학습이 적게된 구간에 대해서는 높은 어려움을 보인다. 학습 데이터의 양을 늘리면, 그만큼 높은 정확도의 예측 모델을 제작해 낼 수 있다. 마지막으로, 회화적 렌더링을 진행할 때, 감성에 영향을 미치는 많은 요소들을 더 고려하면 더 세밀한 감정표현이 가능해질 수 있다.

## References

- [1] E. Reinhard, M. Ashikhmin, B. Gooch, P. Shirley, "Color Transfer between Images", *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 21, iss. 5, August 2001, pp. 34-41, doi: 10.1109/38.946629.
- [2] L. Neumann, A. Neumann, "Color Style Transfer Technique using Hue, lightness and saturation Histogram Matching", *First Eurographics conference on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization and Imaging*, May 18-20, 2005, Girona, Spain, pp. 111-122, doi: 10.2312/COMPAESTH/COMPAESTH05/111-122.
- [3] X. Xiao, L. Ma, "Color transfer in correlated color space", *2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications*, June 14-17, 2006, Hongkong, China, pp. 305-309, doi: 10.1145/1128923.1128974.
- [4] S. Liu, H. Sun, X. Zhang, "Selective color transferring via ellipsoid color mixture map", *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 23, iss. 1, January 2012, pp. 173-181, doi: 10.1016/j.jvcir.2011.09.006.
- [5] S. Seo, Y. Park, and V. Ostromoukhov, "Image recoloring using linear template mapping", *Multimedia Tools and Applications*, vol. 64, iss. 2, May 2013, pp. 293-308, doi: 10.1007/s11042-012-1024-1.
- [6] Y. Hwang, J. Lee, I. S. Kweon, S. J. Kim, "Color Transfer Using Probabilistic Moving Least Squares", *2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, June 23-28, 2014, OH, USA, pp. 3342-3349, doi: 10.1109/CVPR.2014.427.
- [7] Z. Song, S. Liu, "Sufficient Image Appearance Transfer Combining Color and Texture", *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 19, no. 4, November 2017, pp. 702-711, doi: 10.1109/TMM.2016.2631123.
- [8] C. Yang, L. Peng, "Automatic Mood-Transferring between Color Images", *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 28, no. 2, March 2008, pp. 52-61, doi: 10.1109/MCG.2008.24.
- [9] L. He, H. Qi, R. Zaretzki, "Image color transfer to evoke different emotions based on color combinations", *Signal, Image and Video Processing*, vol. 9, September 2014, pp. 1965-1973, doi: 10.1007/s11760-014-0691-y.
- [10] S. Seo, K. Yoon, "A Study on Stroke Based Rendering Using Painting Media Profile", *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 12, no. 11, November 2019, pp. 1640-1651.
- [11] P. Litwinowicz, "Processing Images and Video for An Impressionist Effect", *SIGGRAPH 1997: 24th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, August 3-8, 1997, CA, USA, pp. 407-414, doi: 10.1145/258734.258893.
- [12] A. Hertzmann, "Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes", *SIGGRAPH 1998: 25th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, July 19-24, 1998, FL, USA, pp. 453-460, doi: 10.1145/280814.280951.
- [13] S. Conton, M. Valstar, M. Pantic, "Emotionally aware automated portrait painting", *3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts*, September 10-12, 2008, Athens, Greece, pp. 304-311, doi: 10.1145/1413634.1413690.
- [14] M. Shugrina, M. Betke, J. Collomosse, "Empathic painting: Interactive stylization through observed

- emotional state”, 4th International Symposium on Non-Photorealistic animation and rendering, June 5-7, 2006, Annecy, France, pp. 87-96, doi: 10.1145/1124728.1124744.
- [15] H. Seifi, S. Dipaola, J. T. Enns, “Exploring the Effect of Color Palette in Painterly Rendered Character Sequences”, CAe '12: The Eighth Annual Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging, June 4-6, 2012, Annecy, France, pp. 89-97, doi: 10.5555/2328888.2328903.
- [16] J. Lee, J. Choi, S. Seo, “Emotion-Inspired Painterly Rendering”, IEEE Access, vol. 8, June 2020, pp. 104565-104578, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2999460.
- [17] J. Russell, “Circumplex model of affect”, Journal of Personality and Social Psychology, vol. 39, no. 6, December 1980, pp. 1161-1178, doi: 10.1037/h0077714.
- [18] A. B. Warriner, V. Kuperman, M. Brysbaert, “Norms of valence, arousal, and dominance for 13,915 English lemmas”, Behavior research methods, vol. 45, no. 4, December 2013, pp. 1191-1207, doi: 10.3758/s13428-012-0314-x.
- [19] S. Kobayashi, “The aim and method of the color image scale”, Color Research and Application, vol. 6, no. 2, June 1981, pp. 93-107, doi: 10.1002/col.5080060210.
- [20] S. Chung, S. Kim, S. K. Yoon, “Painterly Rendering Technique in Mobile Environment using GPGPU”, HCI Korea 2017, February 8-10, 2017, Gangwon-do, Korea, pp. 448-450.
- [21] T. Lee, D. Kang, K. Yoon, S. Seo, “Emotion-Based Painting Image Display System”, Intelligent Automation and Soft Computing, vol. 26, no. 1, March 2020, pp. 181-192, doi: 10.31209/2019.100000139.
- [22] K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun, “Deep Residual Learning for Image Recognition”, IEEE conference on computer vision and pattern recognition, June 27-30, 2016, NV, USA, pp. 770-778, doi: 10.1109/CVPR.2016.90.