

# 사진의 주관적 화질 평가 방법 ; 요인 분석을 통한 평가 항목 선정을 중심으로

## Methods of Subjective Image Quality Evaluation in Pictorial Images

노연숙\*, 하동환\*\*

중앙대학교 첨단영상대학원 영상예술학과\*, 중앙대학교 첨단영상대학원 영상학과\*\*

Yeon-Sook Noh(full-swing@hanmail.net)\*, Dong-Hwan Har(dhhar@cau.ac.kr)\*\*

### 요약

최근 재현 장비의 목적은 장면을 정확하게 재현하는 것에서 사용자의 만족도를 높이는 것으로 변화하고 있다. 이는 카메라로 대표되는 재현 장비의 발전 방향이 성능 위주에서 품질 위주로, 개발자 중심에서 사용자 중심으로 전환되고 있다는 의미이다. 따라서 본 논문에서는 사용자의 인지 특성에 기반을 둔 사진의 화질 평가 방법을 제안하고자 한다. 사진은 다양한 물리적 화질 속성이 복합적으로 어우러져 완성되는 것으로 몇 가지 성능에 대한 평가만으로는 전반적인 화질을 평가할 수 없다. 따라서 제 3의 관찰자에 의한 주관적인 화질 평가가 필요하다. 주관적 화질 평가는 평가 방법과 결과 도출 방법이 쉬워야 하고, 도출된 평가 결과는 전체적인 화질을 아우르는 동시에 높은 신뢰도를 가져야 한다. 따라서 본 논문은 화질 만족도에 영향을 미치는 요소들은 분석하여 구체적인 평가 언어를 수립하고, 사진 이미지를 실험 자극으로 활용한 주관적 화질 평가 실험을 통해 화질 평가 항목을 수립함으로써 효율적이고 정확한 방법으로 주관적 화질을 평가할 수 있도록 하였다.

■ 중심어 : | 디지털 카메라 | 화질 | 평가 | 감성 | 사진 |

### Abstract

Recent changes show that the goals of reproduction devices have changed from accurately reproducing scenes to improving user preference. It implies that the directions in developing cameras, the most common reproduction devices, are moving from performance-centered to quality-centered, from developers to users. Accepting such changes demand new standards in evaluating reproduction devices. This paper suggests a new method to evaluate the quality of images, based on cognitive properties of users. The quality of an image is a result oriented from the interaction of various attributes, therefore some functional tests are not enough to evaluate total quality of an image. In this respect, an evaluation model which integrates various physical attributes of an image is needed, that enables a third observer to subjectively evaluate the total quality of an image. In this paper, the experiment was carried out to 127 subjects, with the 84 test stimuli and 11 evaluation factors, followed by a factor analysis. The evaluation factors to assess the quality of images in this paper includes the results by cognitions of users and the properties of reproduction, the factors not only evaluate the quality but suggest how to improve them.

■ keyword : | Digital Camera | Image Quality | Evaluation | Emotion | Photography |

\* 이 논문은 삼성 전자(주)의 IR 응용 카메라 기술개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

접수번호 : #100513-001

심사완료일 : 2010년 06월 28일

접수일자 : 2010년 05월 13일

교신저자 : 하동환, e-mail : dhhar@cau.ac.kr

## 1. 서론

화질(image quality)이란 사진의 품질을 의미하는 것으로 사진(pictorial image)에 대한 전반적인 인상과 깊은 연관이 있다. Keelan(2002)은 이미지의 품질이란 사진 찍는 행위와 관련되거나 주제를 충실히 표현하는 목적과 관련된 것이 아니라 단지 관찰자들이 이미지를 얼마나 훌륭한 인상으로 받아들이는지를 판단하는 것이라고 정의하였다[5]. 또한 Yendrikhovskij (1998)는 화질에 대해 이미지의 구성 요소나 속성들이 얼마나 완벽한 조화를 이루며 장면을 재현하는지에 대한 관찰자들의 주관적인 인상(subjective impression)이라고 정의하였다[15].

이렇듯 화질이 이미지에 대한 전반적인 관찰자들의 인지적 특성을 의미하는 것임에도 불구하고 지금까지의 화질 평가는 실제 이미지에 대한 관찰자들의 반응(response)을 측정하기 보다는 이미지를 재현하는 재현 장비의 성능(performance)을 측정하는 방향으로 수행되어 온 경향이 있다. 지금까지의 화질 평가가 재현 장비(reproduction device)의 성능 측정 위주로 진행된 이유는 여러 가지가 있다. 장비의 성능 평가에 비해 사진의 화질 평가에 소요되는 시간과 비용의 부담이 크고, 종합적이고 객관적인 수치화가 상대적으로 어려우며, 결과에 대한 신뢰도가 낮은 편이기 때문이다.

사진에 대한 관찰자들의 인지적 반응을 측정하는 것을 주관적 화질 평가(subjective image quality evaluation)라고 한다. 주관적 화질 평가의 평가 과정과 결과 도출에 어려움이 있지만 주관적 화질 평가는 반드시 필요하다. 사진의 품질이란 결국은 사용자의 시각으로 인지되는 전반적인 인상에 의해 결정되기 때문이다. 또한 객관적인 성능이 뛰어나다고 하여, 주관적 성능이 반드시 뛰어나지는 않기 때문에 객관적 성능의 우수성이 장비 또는 사진의 우수성을 대표하지는 않을 수 있으며, 이러한 이유 때문에도 주관적 화질 평가는 반드시 필요하다.

물론 지금까지 화질 평가에 있어 관찰자들의 반응 특성을 전혀 고려하지 않았던 것은 아니다. 국제 표준 문건인 ISO 20462에서는 사진의 주관적 화질을 평가하기

위한 실험 방법을 규정하고 있다. 이 표준 문건에서 규정하고 있는 실험 방법은 정신물리학(psychophysics)이라고 하여, 주관적인 인지적 반응을 측정하여 정량화시키는 것을 말한다[13]. 하지만 ISO 20462의 경우에는 관찰자들의 인지 반응을 정량화시키기 위한 보편타당한 실험적·통계적 방법론에 대해서만 규정하고 있을 뿐 실제 사진이나 재현 장비의 화질 평가를 위한 구체적인 기준이나 방법을 제시하고 있지는 않다.

영상 처리 분야에서 데이터의 용량을 효율적으로 관리하기 위한 중요한 기술 중 하나인 압축(compression)은 주관적 화질 평가가 적극적으로 도입된 대표적인 사례이다. 사진 압축 기술의 핵심은 용량은 작게 조절하면서 가시적인 손상은 없도록 만드는 것이다. 따라서 압축 시, 가시적인 손상과 물리적인 용량을 최소화할 수 있는 최적의 지점을 찾기 위한 목적으로 주관적 화질 평가 기법이 활용되었다. 하지만 영상 압축에 사용된 주관적 화질 평가의 경우에는 이미지의 결점(artifact)을 찾기 위한 목적으로만 실험 설계가 되었기 때문에 통합적 화질을 평가하기 위한 목적으로 사용하기에는 부적절하다.

이렇듯 지금까지 수행된 주관적 화질 평가는 전반적인 사진의 품질이나 인상을 평가하기 위한 목적으로 사용되기 보다는 결점을 찾거나 선명도를 평가하는 등 특정 목적에 맞게 설계되고, 진행된 경향이 있다. 하지만 사진은 다양한 화질 구성 속성(attribute)이 모여 통합적인 이미지를 만들고, 한 가지 속성이 여러 가지 인상에 상호적으로 영향을 미치기 때문에 진정한 의미의 통합적 화질 평가를 위해서는 특정 속성에 국한하여 평가하기 보다는 전반적인 인상의 변화를 고려하여 평가할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 효율적이고 신뢰도 있는 방법으로 사진의 주관적인 화질을 평가하기 위한 평가 문항을 도출하고자 한다. 이를 위해 디지털 카메라에서 기본적으로 사용하는 다섯 가지 파라미터(parameter)인 밝기(brightness), 대비(contrast), 색상(hue), 채도(saturation), 선명도(sharpness)의 조합으로 실험 자극을 제작하여 다양한 상황에 대처할 수 있도록 구성하도록 하였으며, 사진 연구와 설문 조사를 통해 화질 평가

에 적합한 형용사를 선정하였다. 또한 실험 결과에 대해서 요인 분석(factor analysis)을 실시하여 최소한의 평가 문항으로 최대의 효과를 도출할 수 있는 평가 항목을 결정하였다. 마지막으로 화질 만족도와 평가 문항의 상관관계, 평가 문항의 신뢰도, 평가 항목의 설명력 등을 분석하여 도출된 평가 항목이 전체적인 화질에 미치는 영향력을 구체적으로 판단하여 보았다.

## II. 이론적 배경

### 1. 사진의 화질

화질이란 사진의 품질을 의미하는 것으로 카메라, 모니터, 스캐너, 프린터 같은 재현 장비를 선택하는 중요한 기준으로 사용된다. 통상적으로 사진은 카메라 같은 재현 장비를 이용하여 피사체가 반사하는 빛을 가시적인 상의 형태로 기록한 것을 의미하며, 품질(quality)이란 제품이나 서비스의 사용에 있어 소비자의 기대에 부응하는 마케팅, 기술 제조 및 안전에 관한 여러 특성을 전체적으로 포괄하는 구성을 의미한다[7]. 즉, 이미지의 품질을 의미하는 화질은 어떤 이미지에 대해 감상자 또는 소비자의 의견과 판단이 반영된 통합적인 만족도를 의미한다고 볼 수 있다.

ISO 20462(2004)에서는 화질의 개념을 사진이나 묘사된 대상에 관계없이 감상자가 인지한 이미지의 전체적인 장점이나 우수함에 대한 인상이라고 정의하고 있다. 또한 이미지 지각에 있어 개인차가 있으며, 개발자나 촬영자가 화질 평가를 내릴 경우에는 객관성을 잃을 수 있기 때문에 제 3의 감상자를 통해 결정해야 한다고 언급하고 있다[8]. 즉, 화질은 다양한 화질 속성들이 총체적으로 결합하여 완성된 사진을 감상자가 어떻게 인지하는지를 판단하는 것으로 재현 장비 자체의 영역이기 보다는 사진을 바라보는 관찰자의 영역이다. 따라서 화질 평가 역시 감상자가 인지하는 품질을 평가하는 방향으로 수행되어야 한다.

### 2. 화질에 영향을 미치는 요소

사진은 다양한 물리적 요소(physical factor)들의 조

합에 의해 완성된다. Keelan(2002)은 사진의 화질 속성을 인공적 결함 속성(artifactual attribute), 선호적 속성(preferential attribute), 미적 속성(aesthetic attribute), 개인적 속성(personal attribute)으로 구분하여 체계적으로 설명하였으며, 각각의 속성 그룹에서 구체적인 속성 항목들에 대하여 이미지의 품질을 객관적으로 측정할 수 있는지에 대하여 점수화하여 설명하였다. 각각의 속성 그룹에 대한 구체적인 속성 항목으로는 인공적 결함 속성에는 흐릿함(unsharpness), 입자성(graininess), 적목 현상(redeye), 디지털적 결함(digital artifact)이 있으며, 선호적 속성 그룹에는 색상 균형(color balance), 대비, 색상 선명도(colorfulness), 기억색 재현(memory color reproduction)이 있다. 또한 미적 속성 그룹에는 조명의 광질(lighting quality)과 구도(composition)가 있고, 마지막으로 개인적 속성 그룹에는 추억의 보존(preserving a cherished memory), 정보 전달(conveying a subject's essence)이 있다[5].

표 1. Keelan이 정의한 화질 속성

속성 그룹	속성 항목	객관적 조절가 가능성	집단 간 상관관계	시스템 의존성	총합
인공적 결함 (artifactual)	흐릿함	+1	+1	+1	+3
	입자성	+1	+1	+1	+3
	적목 현상	+1	+1	+1	+3
	디지털적 결함	+1	+1	+1	+3
선호적 (preferential)	색상 균형	+1	+1	+1	+3
	대비	+1	0	+1	+2
	색상 선명도	+1	0	+1	+2
미적 (aesthetic)	기억색 재현	+1	0	+1	+2
	조명의 광질	0	0	0	0
	구도	0	0	0	0
개인적 (personal)	추억의 보존	-1	-1	-1	-3
	정보 전달	-1	-1	-1	-3

[표 1]은 Keelan이 정의한 구체적인 화질 속성과 객관적 측정 가능성을 요약한 것이다. Keelan이 언급하는 객관적 조절 가능성(objective tractability)은 특정 속성에 대하여 객관적으로 조절하거나 평가할 수 있는지에 대한 부분을 점수화한 것이고 집단 간 상관관계는 집단 속성 간 유사성을 의미하는 것이며, 시스템 의존성(system dependence)은 화질 속성이 이미지를 생산하는데 있어 이미징 시스템(imaging system)의 영향력을

의미하는 것이다. 여기서 규정된 세 가지 항목에 대한 점수의 총합이 높으면 화질 평가 항목의 수치화가 용이하다는 의미로 볼 수 있다[5].

Pedersen, Bonnier, Hardeberg, Albrechtsen(2009)은 출력된 사진의 화질에 영향을 미치는 요소를 파악하기 위하여 8X10 인치로 출력한 56장의 사진을 활용하여 15명의 감상자를 대상으로 화질 만족도 실험을 실시하였다. 그의 연구에 따르면 출력된 사진의 화질에 영향을 미치는 요소는 색, 선명도, 콘트라스트, 인공적 결점, 명도 순으로 나타났다[12].

### 3. 사진과 화질 만족도

Yendrikohovskij, Blommaert, Ridde(1999)는 주관적 기준에서 좋은 사진이란 원래 장면의 밝기 범위(luminance ratios)를 동일하게 재현할 수 있어야 하고, 각각의 톤(tone)이 디테일(detail)을 가져야 하며, 톤과 색의 재현에 있어 전체적으로 자연스러워야 한다고 주장하였다[16].

Radun, Leisti, Häkkinen, Ojanen, Ilives, Vuori, Nyman(2008)은 사진의 주관적인 선호도에 영향을 미치는 요소들을 찾기 위한 실험을 실시하였다. 그들은 선명도가 비슷한 다섯 장의 사진을 선택하여 30명의 감상자에게 실험을 실시하였는데, 단순히 사진의 선호도를 판단하는 것 뿐 아니라 사진을 긍정적 혹은 부정적으로 판단한 이유를 물어보는 인터뷰도 실시하여 분석하는 질적 연구도 함께 수행하였다. 이 연구에서는 인터뷰에서 도출된 요인을 기반으로 이미지 화질을 평가하는 방법인 IBQ(interpretation based quality)를 제안하고 있다. 질적 연구가 포함된 IBQ는 단순한 선호도 질문 후 확률을 계산하는 일반적인 실험 방법보다 시간적인 측면에서는 비효율적이지만 이미지 평가에 있어 보다 가치 있는 정보들을 도출할 수 있기 때문에 개발이나 연구의 목적으로 유용하게 사용될 수 있다.

질적 연구의 일환인 인터뷰 내용은 면접자들 간의 면접 결과 유사성 정도를 계산하여 인터뷰의 신뢰도를 평가할 수 있는 카파 계수(Cohen's Kappa)로 분석하였다. 이를 근거로 최종적으로 사진의 해석에 영향을 미치는 요소를 17개의 단어로 축약할 수 있었다. 이 연구에서

인터뷰를 통해 도출된 사진의 해석에 영향을 미치는 요소와 카파 계수는 [표 2]와 같다. 카파 계수는 1에 가까울수록 이상적인 값이므로 카파 계수가 1에 가까울수록 사진의 선호도에 미치는 영향력이 크다고 해석할 수 있다.

또한 그들은 도출된 요인들을 사용하여 실제 선명도를 조절한 이미지의 품질을 평가하는 사례 연구를 실시하였는데, 그 결과 선명도를 추가한 사진은 깨끗하고 신선한 인상을 줄 뿐 아니라 색상과 밝기의 변화도 가져온다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 동일한 수준의 선명도를 추가하였다 하더라도 콘텐츠의 종류에 따라 다른 반응을 야기한다는 사실도 확인할 수 있었다 [11].

표 2. 사진의 해석에 영향을 미치는 요인

화질 관련 요소	카파 계수
밝은/햇볕이 잘 드는(bright/sunny)	1
선명하지 않은(not sharp)	0.865
예술적인(artistic)	0.850
실제 같은(real)	0.838
빛나지 않는/더러운/신선하지 않은(not shiny/dirty/not fresh)	0.831
선명한(sharp)	0.808
빛나는/깨끗한/신선한(shiny/clean/fresh)	0.778
프로 같은(professional)	0.688
생동감 없는(not alive)	0.685
미숙한/나쁜(amateurish/bad)	0.669
부드러운(soft)	0.611
실제 같지 않은(unreal)	0.651
밝은 색(light colours)	0.588
어두운(dark)	0.532
생동감 있는(alive)	0.517
짜증나는/보기 싫은(irritating/unpleasant to watch)	0.510
좋은/보기 즐거운(good/pleasant to watch)	0.344

화질 만족도는 본 논문에서 언급한 요소들 외에도 다양한 원인의 영향을 받는다. 구체적으로 기억색과의 연관성, 장면 재현의 정확성, 촬영 목적과의 부합성, 콘텐츠의 종류 등이 그것이다. 이렇듯 화질 만족도는 다양한 요인들의 영향을 받기 때문에 화질 만족도를 통합적으로 평가하기 위한 평가 언어에 대한 연구가 필요하

다.

Engeldrum(2001)은 화질 평가 원형 모델에서 일반인들이 화질을 평가할 수 있도록 도와주는 중요한 항목으로 'ness'를 언급하고 있다. 'ness'란 형용사나 분사에 붙어 품질이나 상태를 나타내는 명사를 만드는 단어로 Engeldrum은 'ness'를 이미지의 품질을 직접적으로 평가할 수 있는 단어로 사용할 것을 주장하고 있다[14]. 카메라는 수많은 변수들의 조합으로 최종적인 이미지를 만들지만 정작 사용자들은 이러한 변수들은 인지하는 것이 아니라 지각적 속성(perceptual attribute)인 'ness'로 통합적으로 인지하기 때문에 주관적 화질 평가는 물리적 변수가 아닌 'ness'를 사용할 필요가 있는 것이다. 또한 'ness'는 사용자들을 대상으로 평가할 수 있는 항목이고 수치화시킬 수 있는 항목이기 때문에 이미지에 대한 특성을 평가하는데 적절하게 활용할 수 있다.

### III. 실험 설계 및 분석

본 논문은 카메라에서 조절할 수 있는 요소와 감상자가 인지하는 요소의 관계를 파악하여, 전반적인 화질 만족도에 기반한 주관적 화질 평가를 수행하기 위한 효율적인 평가 방법을 제안하고자 한다. 이를 위해 이미지의 감성과 관련된 기존 연구들을 분석하고 분석된 내용을 바탕으로 설문 조사를 실시하여 실제 이미지에 대한 감상자의 반응에 부합하는 언어들을 추출하는 실험 1을 실시하였다. 그 다음 추출된 평가 언어들과 실제 다양한 파라미터를 조절한 이미지를 활용하여 주관적 화질 평가를 하는 실험2를 수행하였다. 이렇게 도출된 설문 결과는 요인 분석 방법을 이용하여 유사한 반응을 보이는 인지적 요인들을 결합하는 방법으로 분석하였으며, 그 결과 화질 평가에 사용될 평가 항목과 평가 요인을 도출할 수 있었다.

#### 1. 실험 1: 화질 평가 언어의 도출

본 논문에서는 효율적으로 사용자의 반응을 측정할 수 있는 평가 언어를 찾기 위해 기존 연구와 설문 조사

를 병행하였다. 사진의 감성 평가 언어를 도출하기 위하여 박수진, 정우현, 현재현, 신수진(2004)과 정우현, 신수진, 박수진, 한재현(2006), 그리고 장은혜, 최상섭, 이경화, 손진훈(2009)의 연구를 참고하였다.

박수진 등(2004)은 사진 감상자의 감성 반응을 분석하는 연구를 실시하였는데 사진에 대한 감성 반응이 '긍정적인-부정적인(positive-negative)', '동적인-정적인(dynamic-static)', '가벼운-무거운(light-heavy)'의 세 차원으로 모형화될 수 있다고 제안하였다[1].

정우현 등(2006)은 시각적 속성과 감성 반응의 비교를 통해 감성 모형을 검증하는 연구를 수행하였는데, 지각적 인상과 감성적 인상을 동시에 표현할 수 있는 어휘로 '차가운-따스한', '밝은-어두운', '날카로운-부드러운'을 선정하여 사진의 색조 변화에 대한 감상자의 감성에 대해 실험을 실시하였다. 또한 이 어휘를 박수진의 감성 모델과 비교하는 실험을 실시하였는데, 그 결과 '긍정적인-부정적인' 인상과 '동적인-정적인' 인상은 '부드러운-날카로운' 척도와 통계적으로 유의한 상관관계를 가졌으며, '가벼운-무거운' 인상은 '밝은-어두운' 척도와 통계적으로 유의한 상관을 보였다[4].

장은혜 등(2009)은 TV 화질에 대한 감성평가척도를 개발하는 연구를 수행하였는데, 이를 위해 152개의 형용사 중에서 설문 조사를 통해 19개의 형용사를 선정하였다. 여기서 선정된 19개의 형용사는 '깔끔하다-지저분하다', '깨끗하다-더럽다', '산뜻하다-침울하다', '편안하다-긴장된다', '매끄럽다-거칠다', '밝다-어둡다', '화려하다-수수하다', '변화스럽다-단조롭다', '자연스럽다', '감각적이다', '만족스럽다'였다. 또한 선정된 형용사를 활용하여 요인 분석을 실시하여 TV 화질 감성을 두 가지 차원으로 축소하였는데 '깔끔함' 차원과 '화려함' 차원이 그것이다[3].

#### 1.1 실험 방법

본 논문에서는 위의 선행 연구들에서 공통적으로 제시하거나 의미가 크다고 판단한 형용사를 총 50개 선정 한 후, 두 대학에서 사진 또는 영상을 전공하는 42명의 학생들을 대상으로 설문 조사를 실시하였다.

표 3. 사진의 감성 평가 언어 도출 설문 의 예

박스 안에 나열된 50개의 단어 중에서 사진의 품질(화질)을 설명하는데 적합하다고 생각되는 단어를 10개 선택하여 가장 중요한 단어부터 순서대로 쓰시오.
뚜렷하다, 거칠다, 부드럽다, 풍부하다, 화려하다, 깨끗하다, 지저분하다, 어둡다, 흐릿하다, 매끄럽다, 차갑다, 명확하다, 수수하다, 편안하다, 행복하다, 즐겁다, 아름답다, 신뜻하다, 맑다, 평화롭다, 역동적이다, 열정적이다, 흥겹다, 조용하다, 쓸쓸하다, 정적이다, 동적이다, 우울하다, 불안하다, 음산하다, 음침하다, 불길하다, 두렵다, 무섭다, 평화롭다, 심심하다, 초라하다, 엄숙하다, 애처롭다, 단조롭다, 긴장된다, 감각적이다, 만족스럽다, 따뜻하다, 깔끔하다, 자연스럽다, 밝다, 선명하다, 사랑스럽다, 암울하다

설문 방법은 50개의 단어를 모두 제시한 후 사진의 품질을 설명하는데 적합한 단어를 적합도가 높은 순서대로 총 10개 씩 선택하도록 하는 것이었다. 본 설문을 통해 50개의 형용사 중에서 화질 평가에 적합한 20개의 형용사를 선정할 수 있었다. 설문 조사에서 제시된 50개의 형용사와 설문 문항은 [표 3]에 제시하였다.

1.2 실험 결과

설문 조사를 통해 선정된 20개의 형용사는 선택 빈도 순으로 '선명하다', '명확하다', '깨끗하다', '풍부하다', '밝다', '자연스럽다', '감각적이다', '거칠다', '부드럽다', '흐릿하다', '어둡다', '맑다', '동적이다', '아름답다', '차갑다', '따뜻하다', '화려하다', '지저분하다', '단조롭다', '정적이다'이다.

실제 실험에 사용된 50개의 형용사에는 지각적 속성을 담고 있는 형용사와 감성적 속성을 담고 있는 형용사가 모두 포함되어 있었으나 최종적으로 선택된 20개의 형용사들은 주로 지각적 속성과 관련된 단어였다. 과거 이미지와 관련된 감성적 연구는 집적으로 주관적 화질을 평가하기 위한 목적이 아니었기 때문에 사진 연구에서는 감성적 형용사와 지각적 형용사가 함께 포함된 경향이 있었다. 하지만 본 논문의 경우에는 직접적으로 화질을 평가하는 목적을 가진 만큼 감성적 형용사보다는 지각적 형용사의 선택 비율이 높아진 것으로 판단된다. 지각적 속성이 강한 평가 언어가 주를 이루는 것은 Engeldrum이 화질 측정에 활용하는 것이 좋다고 주장한 'ness'의 개념과도 일맥상통하는 결과이며, 구체적인 평가 형용사를 활용하여 주관적 화질 평가를 수행

한다는 본 논문의 연구 목적과도 직접적으로 부합하는 결과이다[14].

본 실험을 통해 최종적으로 선정된 20개의 형용사는 선호도 기반 화질 평가 모형 구축을 위한 2차 실험의 문항으로 활용되었다. 실험 1을 통해 선택된 단어는 실험 2에서 실험의 효율성을 높이기 위하여 의미가 반대되는 형용사를 짝짓는 방식으로 구성되었다. 이것은 표준화된 주관적 화질 평가 방법을 제안하고 있는 권고문(recommendation) ITU-R BT.500-11에서 제안하는 설문 제시 방법 중 하나인 비교 측정표(comparison scale)를 적용하기 위한 것으로 비교 측정표는 7점 척도로 구성되어 설문 시 관찰자의 선택이 용이하다는 장점이 있다[10].

설문 조사에서는 선택되지 않았으나 반대되는 형용사를 대비시키는 과정에서 '부자연스럽다'와 '탁하다', '부족하다'가 추가되었으며, '명확하다'가 제외되었다. 또한 전체적인 화질의 좋고 나쁨을 물어보는 질문을 추가하여 총 11개의 문항이 완성되었다. 실험 2를 위해 최종적으로 선택되고 배열된 언어는 [표 4]에서 제시하고 있다. 이렇게 선택된 언어들은 2차 실험에서 비교 측정표에 의해 '매우 ○○하다', '○○하다', '조금 ○○하다', '같다', '조금 △△하다', '△△하다', '매우 △△하다'와 같이 7점 척도로 제시되었다.

표 4. 2차 실험에 사용된 화질 평가 언어

변수명	부정적 인상	긍정적 인상
f1	나쁘다	좋다
f2	부자연스럽다	자연스럽다
f3	어둡다	밝다
f4	지저분하다	깨끗하다
f5	탁하다	맑다
f6	흐릿하다	선명하다
f7	부족하다	풍부하다
f8	거칠다	부드럽다
f9	차갑다	따뜻하다
f10	단조롭다	화려하다
f11	정적이다	동적이다

2. 실험 2: 노출 변화에 따른 선호도 분석

사전 연구와 실험 1 과정에서 도출된 화질 평가 언어

와 디지털 카메라의 기본 파라미터를 조합하여 제작한 84장의 이미지를 활용하여 화질 평가 실험을 실시하였으며, 그 결과를 통계적으로 분석하여 최종 화질 평가 항목을 결정하였다.

## 2.1 실험 방법

사진의 정신물리학적 평가 방법에 대해 규정하고 있는 국제 규격인 ISO 20462(2004)에서는 감상자의 스트레스나 실험의 효율성을 고려했을 때 최적의 결과를 도출할 수 있는 실험 자극의 수를 27개 이하로 제시하고 있다. 또한 실험 전체를 수행하는데 걸리는 시간을 평균 45분으로 권장하고 있으며, 최대 60분을 넘기지 않아야 한다고 언급하고 있다[8]. 또한 실험 신뢰도를 확보하기 위한 피실험자의 수를 최소 10명으로 보고 있으며, 20명 이상을 대상으로 실험하는 것을 권장하고 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 ISO의 기준에 맞춰 실험을 설계하였다.

실험 2에 참여한 인원은 총 127명으로 교양 디지털 사진 수업을 듣는 학부생 99명, 색채학 수업을 듣는 사진 전공자 16명, 디지털 사진을 전공하는 대학원생 12명이며, 전공자와 비전공자의 비율은 약 1:4이다. 실험에 참여한 인원의 평균 나이는 23.8세이고, 남자와 여자의 비율은 6:1로 상대적으로 여자의 수가 많았으며, 모든 참가자는 교정시력 1.0이상에 색맹 시험을 통과하였다.

실험은 다른 감상자 그룹을 대상으로 집단으로 실시되었으며, 총 4회에 걸쳐 실시되었다. 1회 실험 마다 21장의 이미지를 실험 자극으로 활용하여 총 84장의 이미지에 대한 평가가 수행되었다. 실험에 사용된 21장의 이미지는 기준 이미지에 다섯 가지 파라미터인 밝기, 대비, 색상, 채도, 선명도를 다양하게 조합하여 제작하였다. 샘플 제작에 사용한 기준 이미지는 Gettyimages(www.gettyimages.com)에서 제공하는 표준 이미지이다. 실험 2는 소프트카피(softcopy) 형식으로 실험이 진행되기 때문에 사진의 크기를 768X1083 pixels로 조절하였으며, 다양한 매체와 프로그램에서 사진을 볼 수 있기 때문에 사진의 프로파일을 sRGB IEC61966-2.1로 변환(convert to profile)하였다. 다섯

가지 기본 파라미터는 Adobe사의 포토샵(photoshop)을 활용하여 조절하였는데, 밝기와 대비 조절은 brightness/contrast 메뉴, 색상과 채도 조절은 hue/saturation 메뉴, 선명도 조절은 unsharp mask 메뉴를 활용하였다.

사진의 제시 방법은 TU-R BT.500-11에서 가장 신뢰도 높은 평가 방법으로 추천하고 있는 DSCQS(double-stimulus continuous quality-scale) 방법을 사용하였다. 이 방법은 기준 자극과 실험 자극을 동시에 제시하는 실험 방법으로 기준 자극과 실험 자극을 동시에 제시하기 때문에 상대적으로 실험 참가자가 질문에 답변하기 쉽고, 미세한 차이도 정확하게 판단할 수 있으며, 판단에 있어 자극으로 사용되는 장면 종류의 영향을 받지 않기 때문에 유용한 실험 방법이다[10]. 각각의 자극은 무선적으로 제시되었으며, 관찰자에게는 하나의 이미지 세트 당 실험 1을 통해 완성된 11문항의 질문을 포함하고 있는 설문지에 점수를 기록하도록 하였다. 총 실험 시간은 하나의 이미지 세트 당 11문항의 질문에 대답해야 하는 것을 감안하여 한 문항 당 2분 정도의 시간을 두어 총 40분 정도가 되도록 하였다. 본 실험에 사용된 실험 자극의 예는 [그림 1]과 같다.



그림 1. 실험 2의 자극 제시 예

실제 자극을 관찰하는 모든 실험 환경은 기본적으로 ISO3664에서 규정한 사진의 관찰 조건을 충족하도록 설정하였다[9]. 또한 디스플레이 장비의 종류와 특성에 따라 자극이 달라질 수 있는 점을 극복하기 위하여 4회에 걸쳐 진행된 모든 실험에는 동일한 장비를 사용하였다. 본 실험에서 사용한 장비는 EPSON사의 프로젝터인 EMP1815이며, 장비의 재현 특성을 표준에 맞추기 위하여 디스플레이 장비 중 프로젝터의 컬러 매니지먼트

트를 지원하는 Data Color사의 Spyder 3 Elite를 이용하여 밝기와 대비, 감마(gamma)와 화이트 포인트(white point) 등을 교정하였다.

2.2 실험 결과 분석

관찰자가 84장의 이미지에 대하여 11 문항으로 구성된 질문에 답변한 실험 2의 결과를 분석하였다. 분석에는 대표적인 사회 분석 통계 분석 패키지인 PASW Statistic18을 사용하였으며, 분석 방법은 요인 분석(factor analysis)을 사용하였다. 요인 분석이란 많은 변수들로 측정된 자료에서 변수들 간의 공분산 및 상관관계를 파악하여, 변수들을 이해하기 쉬운 형태로 축소하는 통계 기법을 말한다. 요인 분석을 통해 수많은 변인들의 상호 관련성을 분석할 수 있고, 이러한 관련성을 기초로 각 변인들이 공통으로 측정하고 있는 차원(잠재적 요인)을 파악하고 설명할 수 있다. 요인분석을 통해 추출된 요인은 무수히 많은 관찰변인들의 특성을 가장 잘 대표하는 개념이기 때문에 현상을 단순하고 명료하게 설명하는 효율성을 갖는다[3]. 따라서 본 논문에서 다루고 있는 화질처럼 많은 요소들이 상호적으로 영향을 미치는 품질 측정 방법을 구성하기 위해서는 상관성이 높은 공통 요인들을 묶어주고 화질에 영향을 미치는 요소들의 관계를 파악할 수 있도록 도와주는 요인 분석이 유용하게 사용될 수 있다.

최초 분석 결과 주관적 화질과 관련된 지각적 요인들은 통계적으로 3개의 차원으로 축소할 수 있었다. 하지만 이는 화질 평가 결과만으로 구체적인 감상자들의 반응과 개선 방향을 판단하기에는 다소 부족하다고 판단하여 요인분석 항목수를 5개의 차원으로 제한·축소시켜서 최종적으로 화질 평가 모형을 완성하였다.

본 논문에서는 총 11개의 변수 항목을 요인 분석에 활용하였으며, 사용된 변수의 종류와 변수명은 [표 4]에서 제시하고 있다. 우선 타당도 검증을 위한 탐색적 요인 분석을 실시하였다. 모든 측정 변수는 구성요인을 추출하기 위해 주성분 분석(principle component analysis)을 실시하였으며, 요인 적재치의 단순화를 위하여 직교회전방식(varimax)을 채택하였다. 최초 분석에서는 고유값을 기준으로 요인 분석을 실시하여 3개

의 차원으로 축소할 수 있었으나 본 논문에서는 결과의 설명력을 높이기 위하여 요인 선택의 기준을 요인의 수를 5가지로 설정한 결과를 최종적으로 사용하였다. 그 결과 11개의 요인을 5가지 요인으로 축소할 수 있었으며, 실험에 사용된 모든 변수의 요인 적재치가 0.70 이상으로 모든 변수가 매우 의미 있는 결과로 해석될 수 있었다. 또한 설명하는 변량의 총계는 81.279%로 고유값 1을 기준으로 3개의 차원으로 요인 분석을 실시한 경우 대비 설명력이 향상되는 것으로 나타났다. [표 5]는 5개의 차원으로 축소된 화질 평가 항목에 대한 요인 분석 결과이다.

표 5. 요인 분석 결과

변수명	요인 분석						신뢰도 분석	
	톤분위기	세부묘사	색분위기	조화	입자	공통성	항목삭제된경우 Coronbach알파	Coronbach의알파
f3	0.89					0.82	0.83	0.82
f5	0.84					0.82	0.65	
f4	0.72					0.78	0.76	
f7		0.87				0.85	-	0.83
f6		0.85				0.84	-	
f9			0.82			0.76	0.76	0.74
f11			0.79			0.77	0.58	
f10			0.60			0.71	0.64	
f2				0.89		0.87	-	0.78
f1				0.73		0.79		
f8					0.90	0.95	-	-
고유값	2.21	2.05	1.81	1.17	1.01			
분산 (%)	22.1	20.5	18.1	11.7	10.1			

본 논문에서는 도출된 결과에 대해 분석된 각각의 요인이 톤 분위기, 세부 묘사, 색 분위기, 조화, 입자를 의미한다고 해석하였다. 이는 Yendrikohovskij이 정의한 화질이 좋은 사진의 개념인 적정 밝기를 재현하는 동시에 각각의 톤이 디테일을 갖고, 전체적으로 자연스러워야 한다는 의미와 일맥상통한다. 또한 이 평가 요인은 통상적으로 사진 전문가가 사진을 평가하는 일반적인 기준과도 유사성이 높다. 본 논문에서 해석한 평가 요



인은 여러 연구자들이 사진의 화질에 영향을 미치는 요소들을 정리한 내용과 주관적 화질 평가 언어의 종류를 감안하여 연구자가 정의한 내용이 결합된 것이라고 볼 수 있다[5][15].

이렇게 축소된 요인 각각에 대해 신뢰도 분석을 실시한 결과 톤 분위기의 Cronbach 알파 값은 0.815로 나타났고, 그 중에서 ‘어둡다-밝다’로 실험한 f3 요인을 제외하면 신뢰 수준이 미세하게 높아진다는 것을 알 수 있었다. 세부 묘사의 Cronbach 알파 값을 살펴본 결과 0.832로 나타났으며, 색 분위기의 Cronbach 알파 값은 0.743으로 ‘차갑다-따뜻하다’로 실험한 f9 요인을 제외하면 신뢰 수준이 미세하게(0.02) 높아진다는 사실을 알 수 있었다. 이는 ‘어둡다-밝다’와 ‘차갑다-따뜻하다’가 일관된 감성 반응을 도출하고, 각각의 요인이 톤 분위기와 색 분위기에도 영향을 미친다는 측면에서는 의미가 있지만 밝거나 어두운 것, 따뜻하거나 차가운 것이 화질 만족도에 일관적인 결과로 반영되지는 않기 때문으로 판단된다. 예를 들어, 무조건 밝다고 해서 화질 만족도가 높아지는 것은 아니며, 색의 따뜻함이나 차가움 역시 화질 만족도와 무조건적으로 상호작용하는 항목은 아니다.

표 6. 화질 평가 모형의 최종 평가 항목

통합적 요인	변수명	질문 항목		공통성	Cronbach 알파
톤 분위기 (2.21)	f5	탁하다	맑다	0.87	0.828
	f4	지저분하다	깨끗하다	0.85	
세부 묘사 (2.05)	f7	부족하다	풍부하다	0.87	0.832
	f6	흐릿하다	선명하다	0.86	
색 분위기 (1.81)	f11	정적이다	동적이다	0.89	0.754
	f10	단조롭다	화려하다	0.77	
조화(1.17)	f2	부자연스럽다	자연스럽다	0.99	-
입자(1.01)	f8	거칠다	부드럽다	0.99	-

본 논문에서는 요인 분석과 신뢰도 분석을 통하여 최종적으로 5차원의 화질 평가 항목을 완성할 수 있으며, 이렇게 완성된 평가 모형의 설명력은 88.73%로 이전 결과에 비해 향상되었다. 또한 평가 문항의 수는 11개에서 8개로 축소되었다. [표 6]은 최종적으로 완성된 화

질 평가 항목 결과를 정리한 것이다.

마지막으로 이미지의 품질에 영향을 미치는 다섯 가지 요인들 간의 관련성을 분석하기 위하여 상관관계 분석을 실시하였다. [표 7]은 이미지의 품질에 영향을 미치는 다섯 가지 요인들 간의 상관관계 분석 결과를 나타낸 것이다. 모든 변수들 간의 상관관계는 유의수준 0.01에서 유의한 관계가 있는 것으로 나타났다.

구체적으로 색 분위기와 세부 묘사 간의 상관관계는 0.572, 조화와 세부 묘사의 상관관계는 0.541로 다소 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 세부 묘사와 톤 분위기 간의 상관관계는 0.468, 조화와 색 분위기의 상관관계는 0.430, 색 분위기와 톤 분위기의 상관관계는 0.421로 어느 정도의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 또한 입자 항목은 톤 분위기를 제외한 다른 모든 항목에서 상관관계가 다소 낮은 것으로 나타났다. 모든 상관관계는 정(+)의 관계를 보여주는 것으로 보아서 세부 묘사, 톤 분위기, 색 분위기, 조화, 입자 항목은 모두 그 값이 높을수록 화질 만족도가 높아지는 것으로 판단할 수 있다.


표 7. 화질 평가 항목 간 상관관계

연구 단위	평균	표준 편차	구성개념 간 상관관계				
			1	2	3	4	5
1. 세부 묘사	3.995	1.187	1.00				
2. 톤 분위기	4.078	1.248	.468**	1.00			
3. 색 분위기	3.881	1.139	.572**	.421**	1.00		
4. 조화	3.679	1.340	.541**	.336**	.430**	1.00	
5. 입자	4.011	1.148	.275**	.432**	.360**	.350**	1.00

\*\* 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의합니다.

이렇게 완성된 다섯 가지 평가 기준은 표의 형태로 제시할 수 있으며, 방사형 그래프에 표시하여 시각화하여 제시할 수도 있다. 평가 모형을 구축하기 위해 실시한 실험 2의 결과로 84장의 이미지에 대한 시각화가 가능하다. [표 8]은 평가 모형에 대입하기 위해 84장 중에서 선택된 4장의 이미지와 평가 결과를 제시하고 있으며, [그림 2]는 선택된 4장의 이미지에 대한 화질 평가 결과를 본 논문에서 제안하는 평가 기준에 대입하여 시각화한 결과를 나타내고 있다.

표 8. 선택된 자극의 비교 평가 결과

56번 이미지		평가결과	69번 이미지	
	5.26	톤 분위기	2.44	
	3.93	세부묘사	3.09	
	3.62	색 분위기	3.56	
	3.86	조화	1.62	
	4.43	입자	2.81	
77번 이미지		평가결과	79번 이미지	
	1.78	톤 분위기	4.56	
	2.03	세부묘사	3.35	
	2.07	색 분위기	3.63	
	1.62	조화	2.56	
	2.44	입자	3.87	

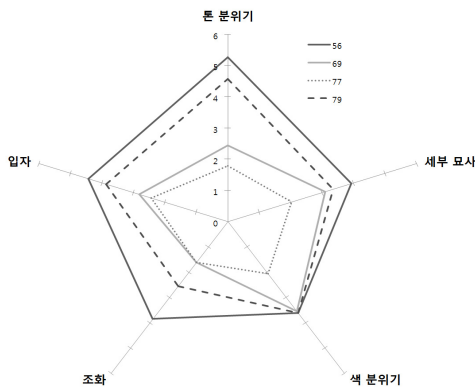


그림 2. 선택된 자극의 시각화 결과

#### IV. 결론

사진의 품질은 다양한 구성 요소들의 상호작용에 의해 완성되는 것으로 총체적인 분석과 평가가 필요하다. 따라서 객관적 화질 측정과 주관적 화질 측정이 동시에 이루어져야 하며, 화질 측정 항목 역시 한 두 가지의 항목만 측정하는 단편적 측정에 그치는 것이 아니라 전반적인 화질을 평가할 수 있도록 통합적인 방향으로 이루어져야 한다. 그럼에도 불구하고 현실적인 이유로 대부분의 화질 평가는 몇 가지 성능을 측정하거나 선명도 같은 특정 항목에 대한 주관적 화질 평가만을 실시하는

등 매우 단편적으로만 진행된 경향이 있다. 따라서 본 논문에서는 통합적이고 구체적인 주관적 화질 평가 항목을 제안하여 보다 효율적으로 주관적 화질 평가를 수행할 수 있도록 하였다.

본 논문에서 제안하는 주관적 화질 평가 방법은 몇 가지 조건을 고려하여 제작되었다. 첫 번째 조건은 화질 평가가 일반인 관찰자를 대상으로 진행된다는 가정 하에 누구나 쉽게 이해하고 채점할 수 있는 평가 항목을 만들어야 한다는 것이다. 또한 두 번째 조건은 화질 평가 항목은 사진의 다양한 물리적 속성을 통합적으로 반영할 수 있어야 한다는 것이다. 마지막으로 세 번째 조건은 콘텐츠의 종류나 실험 환경과 같은 외부적인 요인에 의한 영향을 최소화해야 한다는 것이다.

본 논문에서는 이러한 조건들을 충족시키는 주관적 화질 평가 방법을 도출하기 위해 다음과 같은 방법을 사용하였다. 우선 첫 번째 조건은 일반인들도 쉽게 평가할 수 있는 형용사를 도입하여 평가에 활용할 수 있도록 평가 항목을 구성하고, 수집한 평가 언어를 톤 분위기, 색 분위기, 세부 묘사 능력, 입자성, 조화성과 같은 사진적 특성으로 전환하여 평가 결과만으로도 사진의 재현 특성을 판단할 수 있도록 하는 방법으로 해결할 수 있었다. 또한 두 번째 조건은 밝기, 대비, 색상, 채도, 선명도로 대표되는 디지털 카메라의 다섯 가지 기본 파라미터를 다양하게 조합한 이미지를 실험 자극으로 활용함으로써 해결할 수 있었다. 마지막으로 세 번째 조건은 두 장의 사진을 동시에 제시하여 콘텐츠에 따라 달라질 수 있는 사진에 대한 인상을 최소화할 수 있도록 하는 방법으로 해결할 수 있었다.

사진이란 매체는 결국 감상자들의 시각적 인지에 의해서 평가되기 때문에 감상자들에 의한 주관적 평가가 매우 중요하다. 본 논문에서 제시하는 화질 평가 항목은 사용자의 인지에 의한 화질 평가 결과와 재현 특성을 함께 포함하고 있기 때문에 단순한 평가의 역할 뿐 아니라 재현 특성을 파악하고 개선 방향을 지시하는 역할까지도 할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제시하는 화질 평가 항목은 디지털 카메라를 포함한 다양한 재현 장비의 성능이나 개발 알고리즘의 재현 성능을 평가하는 목적으로 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 하지만

본 논문의 경우, 화질 평가의 기준을 디지털 카메라를 포함한 재현 장비를 사용하는 사용자들의 인지적 반응에 등만큼 범용적인 목적으로 활용되는 재현 장비의 평가에 유용하게 적용할 수 있다. 만약 특수한 목적으로 재현 장비를 사용하는 경우에는 평가 기준과 평가 방법을 다르게 두어야 할 것이다.

본 논문에서 제시하는 평가 항목은 이미지에 대한 감상자의 주관적인 인지 반응을 측정할 수 있도록 구성되었기 때문에 파라미터 조절에 따른 인지 반응의 변화나 객관적인 장비의 성능에 따른 인지 반응의 변화 같이 다양한 화질 속성과 인지 반응의 상관관계를 연구하는 목적으로도 활용 가치가 있을 것이다. 본 논문에서 제안하는 주관적 화질 평가 방법이 앞으로 재현 장비나 화질 개선 알고리즘을 평가하는 기준이 개발자 중심에서 사용자 중심으로 전환되는 하나의 계기가 될 수 있기를 기대한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 박수진, 정우현, 현재현, 신수진, “사진 이미지와 관련된 감성 어휘 분석 및 색 유무에 따른 감성 반응 비교”, 한국감성과학회지, 제7권, 제1호, pp.41-49, 2004.
- [2] 양병화, “다변량 데이터 분석법의 이해”, 서울: 커뮤니케이션북스, 2006.
- [3] 장은혜, 최상섭, 이경화, 손진훈, “TV 화질에 대한 감성평가 척도 개발”, 감성과학회지, 제12권, 제1호, pp121-128, 2009.
- [4] 정우현, 신수진, 박수진, 현재현, “사진의 밝기, 대비, 색조의 변화가 감상자의 감성인상에 미치는 효과”, 한국사진학회지, 14호, pp.149-156, 2006.
- [5] Brain W. Keelan, “Handbook of Image Quality: Characterization and Prediction,” New York: Marcel Dekker, 2002.
- [6] Don Williams, Peter Burns, Larry Scarff, “Imaging Performance Taxonomy,” *SPIE-IS&T Electronic Imaging Symposium*, San Jose:CA, 2009.
- [7] Feigenbaum, “*Total Quality Control*”, New York: McGraw-Hill, 1983.
- [8] ISO 20462, “Photography - Psychophysical experimental methods to estimate image quality,” International Organization for Standardization, 2004.
- [9] ISO 3664, “Viewing conditions - Graphic technology and photography,” International Organization for Standardization, 2000.
- [10] ITU-R Rec. BT. 500-11, “Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures,” 2002.
- [11] Jenni Radun, Tuomas Leisti, Jukka Häkkinen, Harri Ojanen, Jean-Luc Ilives, Tero Vuori, Göte Nyman, “Content and Quality: Interpretation-Based Estimation of Image Quality,” *ACM Transactions on Applied Perception*, Vol.4, No.4, p.21, 2008.
- [12] Marius Pedersen, Nicolas Bonnier, Jon Y. Hardeberg, Fritz Albrechtsen, “Attributes of a New Image Quality Model for Color Prints,” 17th Color Imaging Conference Final Program and Proceedings, *Society for Imaging Science and Technology*, pp.204-209, 2009.
- [13] Mark D. Fairchild, “Color Appearance Model,” WILEY, 2007.
- [14] Peter G. Engeldrum, “Psychometric Scaling: Avoiding the Pitfalls and Hazards,” *IS&T's 2001 PICS Conference Proceedings*, pp.101-107, 2001.
- [15] S. N. Yendrikhovskij, “Color reproduction and the naturalness constraint,” Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 1998.
- [16] S. N. Yendrikhovskij, F. J. J. Blommaert, and H. de Ridder, “Representation of memory prototype for an object color,” *Color Research and Application*, Vol.24, No.6, pp.52-67, 1999.

저 자 소 개

노 연 숙(Yeon-Sook Noh)

정회원



- 2004년 8월 : 중앙대학교 예술대학 사진학과(미술학사)
- 2006년 2월 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상예술학과(예술학 석사)
- 2008년 3월 : 중앙대학교 첨단영상대학원 박사 과정 수료

<관심분야> : 디지털 사진, 인지, 선호도, 화질 측정

하 동 환(Dong-Hwan Har)

정회원



- 1993년 8월 : Brooks Institute of Photography, Industrial/Scientific Photography(B.A.)
- 1994년 8월 : Ohio University, Visual Communication(M.A.)
- 2005년 8월 : 한양대학교 교육대학원 (Ph.D.)

▪ 1999년 9월 ~ 현재 : 중앙대학교 첨단영상대학원 정교수

<관심분야> : 과학 사진, 특수영상