

어떤 유형의 건축물이 당신을 불편하게 하는가?

서울의 시각적 쾌적성(visual
comfort)과 디자인의 미래

Cleo Valentine
케임브리지대학교 건축 신경면역학 연구자

HUMANISE

2025년 9월



목차

연구 요약.....	03
I. 서론 및 이론적 배경.....	04
II. 문헌 검토 및 연구 방법론.....	05
III. 연구 방법론.....	07
IV. 컴퓨터이셔널 시각 스트레스 분석.....	10
V. 분석결과.....	13
VI. 논의 및 시사점.....	16
VII. 연구의 한계 및 향후 연구 방향.....	20
VIII. 결론.....	21
감사의 글.....	22
참고문헌.....	22

연구 요약

본 연구는 건축물의 외부 디자인, 특히 건물 입면(façade)의 패턴과 재료 사용 방식이 도시의 시각적 쾌적성을 증진시키거나 저해하는 요인으로 작용하는 방식을 고찰한다. 본 연구는 조선 후기부터 현대에 이르기까지 다섯 가지의 역사적 시기를 아우르는 서울 소재 78개 건축물의 이미지를 분석 대상으로 하여, 첨단 이미지 분석 기법 활용을 통해 대상 건축물의 다양한 건축적 특성이 인간의 뇌에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

연구 결과, 특정 디자인 요소 중 반복적인 외벽 패턴이 시각적 스트레스를 예측할 수 있는 유의미한 요소인 것으로 확인되었다. 이러한 상관관계는 관찰 거리나 건축물의 시대를 넘어 지속적으로 나타났으며, 이는 감각적 과부하가 시간적, 공간적 변수 모두에 의해 영향을 받음을 시사한다.

구체적으로 조화로운 패턴과 시각적 풍부함을 특징으로 하는 한국 전통 건축은, 반복적 패턴, 경직된 선, 강한 대비의 재료로 구성된 현대 건축의 입면에 비해 상대적으로 낮은 수준의 시각적 스트레스를 유발하는 것으로 나타났다. 특히 현대건축의 이러한 외벽 특성은 오늘날 고밀도의 도시 환경에서 시각 체계에 과부하를 일으켜 불편감을 가중시킬 가능성이 있는 것으로 보여진다.

서울의 현대 건축물은 19세기 후반 이후 모든 시대를 통틀어 평균적으로 가장 높은 수준의 시각적 스트레스를 보여주는 것으로 나타났다.

종합하면, 본 연구의 결과는 도시의 시각적 쾌적성이 특정하고 측정 가능한 디자인 선택에 의해 영향을 받을 수 있음을 시사한다. 또한 뇌가 시각 정보를 처리하는 자연스러운 방식을 토대로 한 더 나은 입면(façade) 디자인이 사람들의 스트레스를 줄이고 공공의 웰빙을 증진시킬 수 있다는 강력한 근거를 제시한다.

이러한 과학적 근거를 활용함으로써, 인간의 건강과 인지적 웰빙을 저해하는 대신 이를 적극적으로 지원하는 도시 환경을 조성할 수 있을 것이다.





I. 서론 및 이론적 배경

특정 패턴들은 시각계에 과부하를 일으켜 불편감과 피로감, 심지어 두통까지 유발할 수 있다.

건축 환경은 인간의 신경생리학적 경험을 좌우하는 핵심 매개체로, 건물의 외벽은 도시 거주자와 그들의 시각 환경 사이를 연결한다(Wilkins et al., 2018). 최근 시각 과학(vision science) 분야의 발전으로 특정한 공간 패턴이 뇌의 시각 처리 영역에서 신경 세포가 과도하게 흥분하는 상태(대뇌피질과 흥분성)와 밀접한 관련이 있음이 밝혀졌다. 이로 인해 일부 시각적 구성은 안구 피로, 두통, 인지적 피로를 포함한 측정 가능한 생리적 스트레스 반응을 유발할 수 있음이 입증되었다(Penacchio & Wilkins, 2015; Le et al., 2017). ‘패턴 유발 시각적 불편감 (pattern-induced visual discomfort)’ 또는 ‘시각적 스트레스 (visual stress)’라고 불리는 현상은 인간의 시각계가 자연환경과 현저히 다른 인공적 패턴이나 반복 무늬(공간 주파수 분포의 불균형)를 접할 때 발생한다. 그 결과 시각피질에서 정보 처리 효율이 저하되고 대사적 부담이 가중되어, 특정 시각적 패턴이 인간의 뇌에 스트레스를 유발할 수 있음을 시사한다.

자연 환경에 맞춰 진화한 인간의 시각 체계가 현대 건축의 반복성으로 인한 시각적 불편함을 초래한다.

시각적 불편함의 신경생리학적 원인은 인간의 시각이 본래 자연 환경을 처리하도록 진화해왔다는 데 있다. 자연경관에는 일정한 규칙성이 있으며, 일반적으로 공간 주파수가 증가할수록(즉, 더 미세한 패턴일수록) 진폭이 비례적으로 감소하는 특징적인 1/f 공간 주파수 분포를 보인다(Penacchio & Wilkins, 2015). 이러한 공간적 특성은 최소한의 신경 자원으로 시각 정보를 처리할 수 있는 희소 활성화 방식을 통해 적은 자원만으로도 효율적으로 시각 정보를 처리할 수 있다. 반면 인공적으로 만들어진 건축 환경에서는 시각 자극이 특정 주파수대, 특히 시야각당 약 3사이클 정도의 ‘중간 주파수 영역’에 집중되는 경우가 많다. 이는 자연에서 흔히 볼 수 없는 패턴으로, 우리의 시각 체계가 가장 민감하게 반응하는 영역을 과도하게 자극할 수 있다. 그 결과 원래 뇌가 최적화된 방식대로 시각 정보를 처리하기 어려워지고, 일부 사람들에게는 시각 피질의 과도한 흥분을 유발하여 불편함이나 스트레스로 이어질 수 있다(Wilkins et al., 1984; O’Hare et al., 2013).

약 10명 중 1명은 특히 시각적 스트레스에 민감하며, 신경다양성 집단에서는 그 비율이 더욱 높다.

시각적 스트레스에 대한 개인의 민감도는 집단마다 상당한 차이를 보이며, 통계적으로 인구의 약 10%가 패턴 유발 불편감에 대해 높은 민감성을 나타낸다(Wilkins et al., 2018). 해당 비율은 편두통 장애, 광과민성 간질, 자폐스펙트럼 조건을 가진 개인들을 포함한 신경다양성 집단에서 크게 증가하여, 도시 환경에서 포용적 디자인 실천의 중요한 함의를 시사한다(Wilkins, 1995). 도시에 사는 사람들이 겪는 건축적 시각 스트레스의 누적 효과는 아직 충분히 밝혀지지 않았지만, 공중보건 측면에서 중요한 과제가 될 수 있다. 세계적인 도시화와 디지털 설계 기술의 발전으로 건축은 점점 더 복잡해지고 있으며, 이런 변화 속에서 그 의미는 더욱 커지고 있다.

서울은 수백 년의 건축적 변화로 한 도시 경관 안에 담고 있어 디자인이 뇌에 미치는 영향을 연구할 수 있는 풍부한 기회를 제공한다.

서울은 오랜 역사와 급격한 건축적 변화로 인해 이러한 관계를 탐구하는 데 있어 독보적인 조건을 갖추고 있다. 특히, 2천년이 넘는 시간동안 다양한 진화를 통해 정치 체제, 문화적 패러다임, 기술 발전에 의해 형성된 다층적 디자인 접근법들을 구현하고 있다. 이러한 형태적 다양성은 서로 다른 역사적 맥락과 건설 기술 속에서 특정 건축 요소가 시각적 스트레스 반응에 미치는 영향을 검토할 수 있는 최적의 연구 환경을 제공한다.



II. 문헌 검토 및 연구 방법론

시각적 스트레스와 공간 주파수 분석

시각적 불쾌감은 건축 패턴이 자연의 시각적 리듬과 얼마나 다른지를 분석하는 도구로 측정할 수 있다.

시각적 스트레스 분석은 시각과학(vision science) 연구들을 기반으로 공간 패턴의 특성과 주관적 불편감 사이에 정량화 가능한 관계가 있음을 보여주었다(Wilkins et al., 2018; Penacchio & Wilkins, 2015). Chatrian et al.(1970)의 기초 연구와 Radhakrishnan & Klass(2004)의 후속 연구는 패턴 민감 반응을 유발하는 신경생리학적 메커니즘을 규명하며, 대뇌 피질의 과흥분성을 촉발하는 특정 공간 주파수 대역을 밝혀냈다. 이후 Penacchio와 Wilkins(2015)는 푸리에(Fourier) 분석 기법을 통해 자연 장면의 통계적 특성과의 편차를 정량화하고, 이를 주관적 불편감 평가와 밀접하게 연관되는 객관적 지표를 제시했다.

도시 경관의 특정 패턴은 시각적 스트레스를 유발할 수 있으며, 이는 입면 디자인을 통해 예측할 수 있다.

Le et al. (2017)의 연구에 따르면, 시각적으로 불편하다고 평가된 도시 경관은 시야각당 약 3사이클을 중심으로 한 두 옥타브 범위에서 진폭이 불균형하게 집중되는 특성을 보였으며, 이로 인해 시각 피질 영역에서 혈류역학적 반응이 유의미하게 증가하는 것이 관찰되었다. 이러한 결과는 건축 환경 맥락에서 계산적 시각 스트레스 평가의 실증적 기반을 마련하며, 공간 주파수 분석을 신경생리학적 반응을 예측하는 도구로 활용할 수 있음을 입증한다.





II. 문헌 검토 및 연구 방법론

서울의 건축 진화와 기술 발전

전통 한국 건축의 입면은 비대칭과 질감, 변화로 이루어져 있으며, 이는 편안한 시각적 경험과 관련이 있다.

서울의 건축적 흐름은 전통적 건축 방식과 더불어 외부 문화의 유입, 기술의 발전, 경제 성장 등의 요인이 복합적으로 맞물린 결과를 보여준다(Jung, 2013). 특히 조선 후기의 건축은 자연 환경과의 조화를 중시했으며, 유기적 재료의 사용, 인간 스케일의 비례 체계, 장인 기술에 기반한 시공 방식을 통해 공간적 변화를 자연스럽게 형성하였다(Hong & Yoon, 2009; Park, 2014). 이러한 요소들은 건물 입면에 자연스러운 변화를 만들었으며, 결과적으로 균형적인 비대칭성, 풍부한 재료의 질감 및 패턴을 형성하였다. 이러한 특성들은 신경미학 연구에서 밝혀진 것과 같이 사람들에게 긍정적인 정서 반응을 유발하는 자연 경관의 통계적 속성과 매우 유사한 것으로 판단된다(Pai, 2018; Kim & Yang, 2022).

표준화된 설계와 프리패브 공법은 획일적인 패턴을 낳았으며, 이는 곧 시각적 단조로움으로 이어졌다.

근대화 시기(일제강점기)에는 서구 건축 기법과 표준화된 시공 규범이 도입되면서 건축 설계는 반복적이고 규격화되었다(Jung, 2013). 이러한 변화는 이후 건축 발전을 특징짓게 될 모듈식 건축 시스템과 규격화된 창호 패턴의 기반을 마련하였다. 특히 한국전쟁 이후의 재건 시기에는 심미적 고려보다는 기능적 효율성을 우선시하는 실용주의적 설계 방식이 널리 확산되었으며(Moon, 2013; Kim, 2019), 이는 프리패브리케이션 기술에 의해 반복적인 건축 패턴 형태로 이어졌다. (Moon, 2013; Kim, 2019).

현대 디지털 기술은 건축을 더 정밀하게 만들지만, 지나친 규칙성은 오히려 시각적 스트레스를 야기할 수 있다.

한국의 급속한 경제 성장과 맞물린 고밀도 도시화 시기에는, 산업화된 건설 방식에서 파생된 반복적인 패턴과 모듈식 조직 원리를 바탕으로 한 대규모 주거 유형이 확산되었다(Gelézeau, 2007). 동시대 건축은 첨단 재료 기술과 파라메트릭 디자인 전략을 결합한 글로벌 설계 트렌드를 수용했으나, 동시에 컴퓨터 지원 설계(CAD)와 제조 공정을 통해 과거에는 볼 수 없었던 수준의 패턴 규칙성을 도입하게 되었다(Shin, 2020).



III. 연구 방법론

표본 선정 및 시대 구분

본 연구는 50만 동이 넘는 건축물 가운데 표본을 선정하여, 서울의 건축 진화를 다섯 개의 주요 시기로 나누어 살펴보았다.

분석은 총 562,131동의 서울시 건축물대장 자료를 기반으로 하되, 연면적 50㎡ 미만의 부속 건축물은 제외한 뒤 층화표본추출(stratified sampling) 방식을 적용하였다. 이후 GIS(지리정보시스템) 분석을 통해 건축 연도를 기준으로 건축물들을 역사적으로 정의된 다섯 시기로 체계적으로 분류하였다. 조선 후기(20세기 초)는 60,948 동으로 전통 한국 건축의 유산을 보여주며, 근대화기인 일제강점기(20세기 전·중반)는 2,944동으로 초기 근대화의 영향을 반영한다. 한국전쟁 이후 재건 및 산업화기(20세기 중·후반)는 96,528동이 포함되었고, 고밀도 도시 확장기(20세기 후반~21세기 초)는 273,470동으로 가장 많은 건축물이 속한다. 마지막으로 디지털 전환기(21세기 이후)는 128,241동의 현대 건축물로 구성된다.

해당 지도는 조선 후기, 근대화 시기, 한국전쟁 및 산업화 시기, 고밀도 도시화 시기, 디지털 전환기 등 주요 시대별 건축물이 서울의 어느 지역에 분포하는지를 색상이나 라벨로 표시한 것이다.



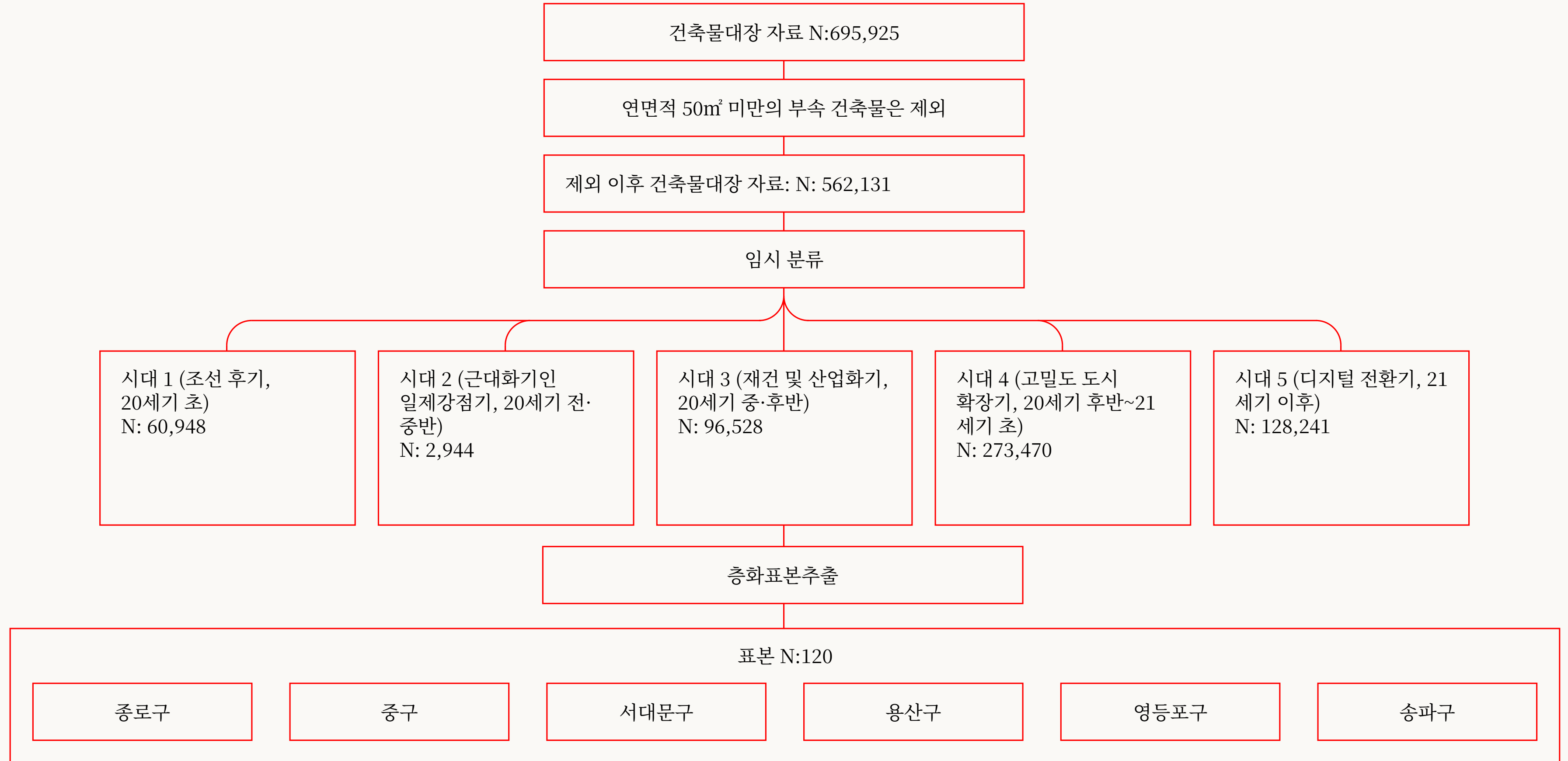
세운상가, 한국전쟁 후 산업화 시기



III. 연구 방법론

서울의 건축과 도시 경관의 변화를 함께 담아내기 위해 여섯 개 자치구가 표본으로 선정되었다.

공간 표본 추출(Spatial Sampling)은 서울을 여러 구역으로 나눈 뒤, 각 시대의 건축물이 밀집되어 있는 지역을 추출하는 방식이다. 최종적으로 GIS 기반의 분석을 통해 종로구, 중구, 서대문구는 전통 및 근대 건축의 집중 분포를, 용산구는 한국전쟁 후 산업화 시기의 건축 유형을, 송파구와 영등포구는 현대의 고밀도 개발을 대표하는 구로 체계적으로 선정되었다. 이러한 이중적 표본화 체계는 시간적 대표성과 공간적 다양성을 동시에 확보하면서 동시에 현장 조사와 기록의 실질적 접근성도 유지할 수 있도록 한다.





III. 연구 방법론

데이터 수집 프로토콜

건물의 입면은 실제 사람의 시각 경험과 유사하게 보이는 방식을 반영하기 위해 일정한 조건으로 세가지 구간에서 촬영되었다.

현장조사에는 고사양 카메라(Fujifilm X-T30, 23mm f/2 렌즈)와 모바일 기기(iPhone 15 Pro)를 사용하여 동일한 조건의 촬영 구간에서 진행되었다. 입면은 근거리(10-15m), 중거리(20-30m), 원거리(40-60m)의 세 표준 관찰 거리에서 체계적으로 촬영되었으며, 카메라 높이는 평균 성인 눈높이에 해당하는 1.5m로 고정하였다. 모든 이미지는 정오 무렵의 확산광 조건에서 촬영하여 조도와 색온도를 일정하게 유지하였으며, 구도는 시각적 방해 요소를 최소화하는 동시에 관점과 스케일을 표준화하여 샘플 간의 비교 가능성을 확보하였다. 최종적으로 확보된 데이터셋은 다섯 시대와 세 관찰 거리에서 수집된 총 78 개의 입면 이미지로 구성되었으며, 이들은 가시적 장애물이 최소화된 선명한 시야를 제공하여 각 입면의 건축적 특성을 명확히 기록하고 비교 분석에 활용될 수 있도록 하였다.

용궁빌라, 고밀도 도시 확장기





IV. 컴퓨테이셔널 시각 스트레스 분석

케임브리지 대학교에서 개발된 ViStA 도구를 활용하여 건물 입면 패턴이 자연의 시각적 규칙성과 얼마나 다른지 측정하였다.

시각적 스트레스 평가는 케임브리지 대학교의 협력 연구를 통해 개발 및 검증된 계산 도구인 시각 스트레스 분석 도구(Visual Stress Analysis Tool, ViStA)를 사용하여 이루어졌다(Penacchio & Wilkins, 2015; Mitcheltree et al., 2025; Valentine et al., 2025). ViStA는 푸리에 기반의 고급 분석 기법을 적용하여, 공간 주파수 분포, 대비 관계, 그리고 자연 장면 통계로부터의 이탈 정도를 종합적으로 평가함으로써 시각적 불편 가능성을 정량화할 수 있는 특징이 있다. 이러한 방법론적 틀은 인간의 시각 체계가 특정 공간 주파수와 비자연적 에너지 분포에 대해 민감하게 반응할 때 시각적 불편이 발생한다는 원리에 기반한다.

> Step 1: Upload File

> Step 2: Calculate Vertical Field of View

< Step 3: Analyse File

Analysis Results

Peak Residual ?	3.8e+9
Average Residual ?	6.0e+8
Coefficient of Variation ?	9.5e-1

Heatmap Opacity 50%

SAVE IMAGE ANALYSIS

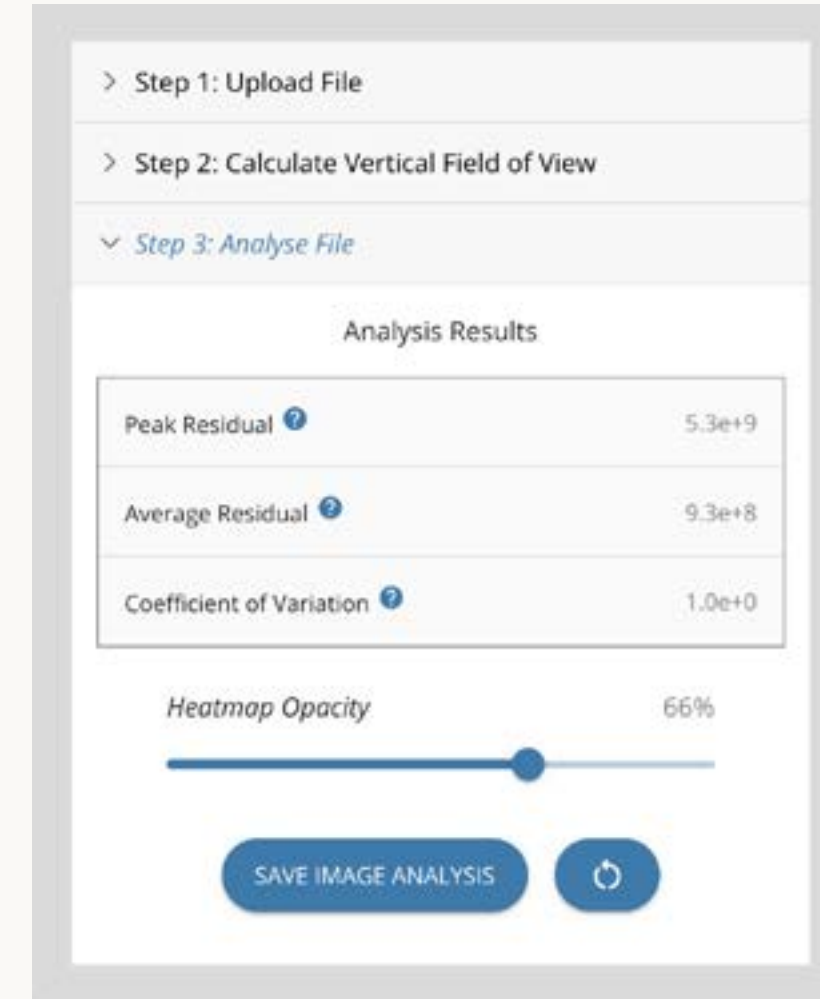




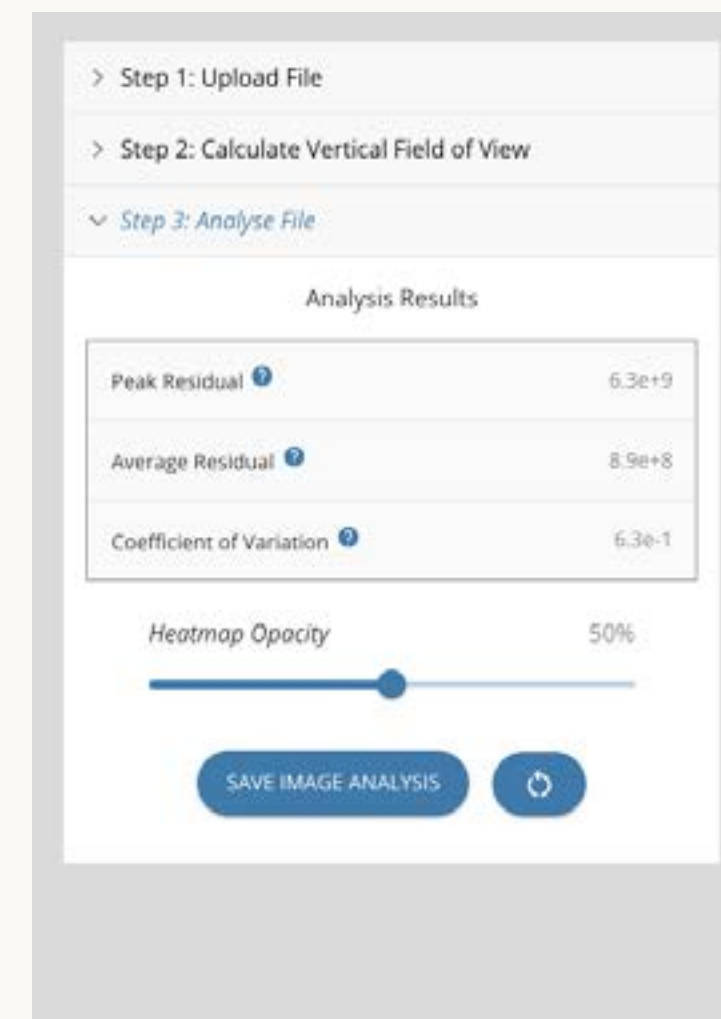
IV. 컴퓨터이셔널 시각 스트레스 분석

각 입면은 인간의 눈으로 바라본 듯한 시각적 관점에서 분석되었으며, 세부 영역을 확대하여 스트레스를 유발할 수 있는 패턴을 확인하였다.

ViStA 알고리즘(Valentine et al., 2025)은 각 입면 이미지를 망막의 중심와(fovea) 고해상도 시야 범위에 해당하는 약 2도 시야각 단위의 격자 블록으로 분할한다(Strasburger et al., 2011). 해당 블록들은 50%씩 겹치도록 설정되어, 다수의 영역에 걸친 공간적 특징을 빠짐없이 포착할 수 있도록 하였다. 분할된 각 영역은 자연 이미지의 통계적인 차이를 평가하는 알고리즘을 통해 분석되며, 이를 통해 산출된 정량적 지표는 주관적으로 느끼는 불편감과 객관적 신경생리학적 반응이 실증적으로 연결되어 있음이 확인되었다(Le et al., 2017).



명동성당 코스트홀의 넓은 전경을 보여주는 ViStA 스크린샷, 근대화기(20세기 전~중반)



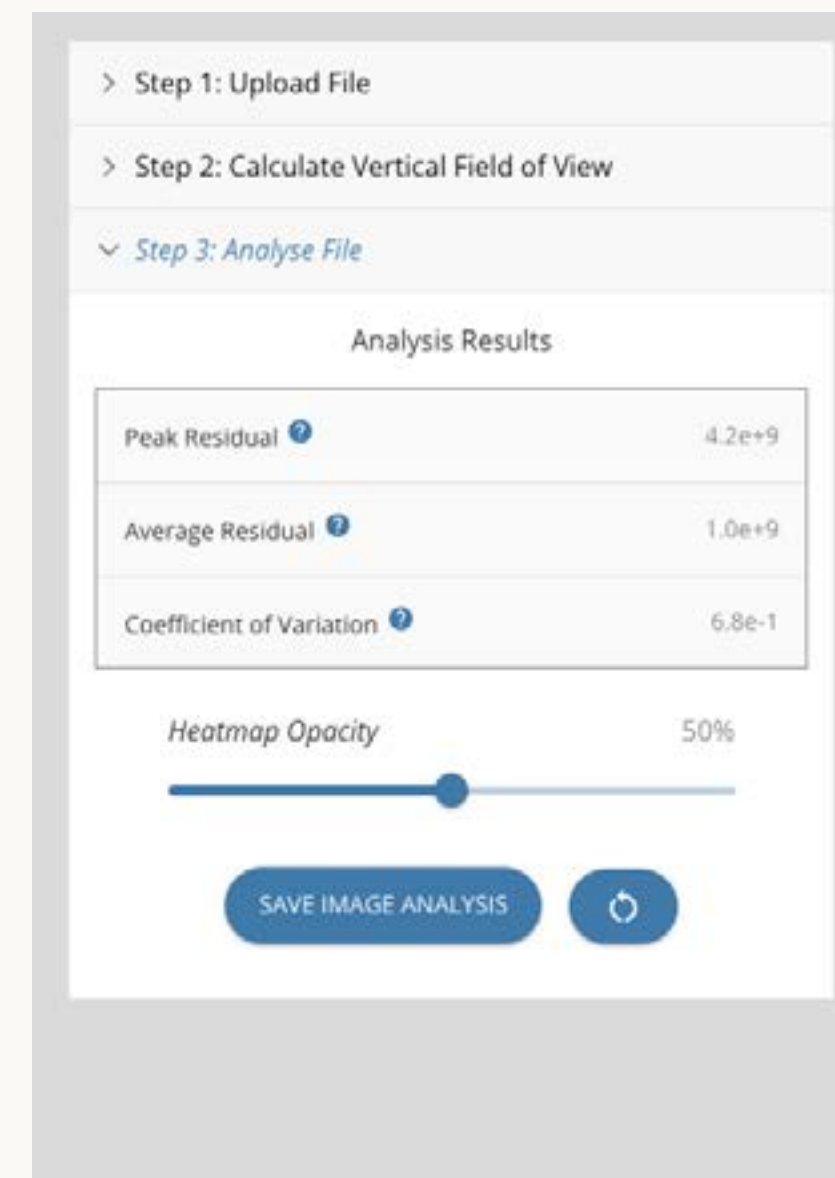
용궁빌라의 클로즈업 이미지를 보여주는 ViStA 스크린샷, 도시 확장기(20세기 후반~21세기)



IV. 컴퓨터이셔널 시각 스트레스 분석

본 연구는 건축물 입면에서 스트레스가 가장 강한 지점과 그 확산 양상을 동시에 측정하였다.

분석은 세 가지 핵심 지표를 산출한다. 첫째, 최고 시각 스트레스(Peak Visual Stress)는 입면의 특정 지점에서 자연적 통계와의 최대 차이를 보여주며, 국소적으로 휘도 대비 에너지가 집중된 상태를 의미한다. 둘째, 평균 시각 스트레스(Average Visual Stress)는 입면 전체에 분포한 대비 에너지의 전반적인 강도를 측정하는데, 값이 높을수록 뇌 피질의 반응이 더 크게 나타날 가능성을 시사한다. 셋째, 변동 계수(Coefficient of Variation)는 스트레스 요인이 입면 표면에 얼마나 균일하거나 불균일하게 분포하는지를 정량화한다. 이러한 종합적 분석 방식은 서로 다른 건축 유형과 관찰 조건에서 시각적 스트레스 발생 가능성을 체계적으로 비교할 수 있도록 한다.





V. 분석결과

시대별 시각 스트레스 분포

시각적 스트레스는 전통 건축보다 현대 건축 입면에서 30% 이상 더 높게 나타났다.

총 78개의 파사드 시료를 종합적으로 분석한 결과, 건축 시대에 따라 시각적 스트레스 지표에서 뚜렷한 차이가 나타났으며, 평균값은 전통 한옥 건축에서 6.93×10^8 , 디지털 전환기 현대 건축에서 9.47×10^8 로 확인되었다. 기하평균 계산과 로그 변환을 통한 시대적 변화 분석 결과, $R^2 = 0.73$ 으로 나타나 시각적 스트레스 분산의 73%가 시대적 진전에 의해 설명될 수 있음을 보여주었다. 이러한 결과는 건축의 현대화가 시각적 불편 가능성의 상승과 밀접하게 연관된다는 가설을 강력하게 뒷받침하며, 건축 기술의 발전과 인간의 신경생리학적 반응 패턴 사이에 체계적인 관계가 존재함을 시사한다.

시각적 스트레스에 가장 큰 영향을 준 요인은 관찰 거리(viewing distance)가 아닌 시대(epoch)였으며, 이는 전체 결과 변동의 70% 이상을 설명한다.

선형 회귀 분석에서 평균 시각 스트레스를 종속변수로 하고 ‘시대(epoch)’와 ‘관찰 거리(viewing distance)’를 예측변수로 설정한 결과, 모형 1(average ~ epoch)이 가장 낮은 아카이케 정보 기준(AIC = 218.83)을 보였으며, 귀무 모형(null model)에 비해 유의하게 우수한 설명력을 나타냈다(likelihood ratio test, $p = 0.030$). 이후 관찰 거리 변수와 상호작용항을 추가한 모형에서는 오히려 적합도가 개선되지 않았으며(모형 2 AIC = 221.70, LRT $p = 0.57$; 모형 3 AIC = 219.72, LRT $p = 0.050$), 이를 통해 시대 구분(epochal classification)이 시각적 스트레스 변동을 설명하는 주된 요인임이 확인되었다.

건축 시대별 분석

전통 건축의 입면은 시각적 스트레스가 낮고 디자인의 다양성이 높아, 장인적 시공 방식이 만들어낸 자연스러운 복잡성을 보여준다.

조선 후기 건축은 모든 관찰 조건에서 일관되게 낮은 시각적 스트레스를 보였다(평균: 6.93×10^8 , 최고치: 4.48×10^9). 또한 변동계수(coefficient of variation)가 0.947로 가장 높게 나타나, 시각적 복잡성이 고르게 분포하면서도 상당한 이질성을 지니고 있음을 보여준다. 이러한 양상은 전통 한옥 건축에서 나타나는 유기적 변주와 장인적 시공 방식에서 비롯된 치수의 불규칙성을 반영한다. 특히 최고 스트레스 수치는 관찰 거리별로 거의 동일하게 유지되었다(근거리: 4.22×10^9 , 중거리: 4.62×10^9 , 원거리: 4.60×10^9). 이는 특정 지점에 시각적 자극이 집중되기보다, 전체적으로 균형 잡힌 자극 분포가 이루어졌음을 시사한다.



V. 분석결과

일제강점기 시대의 입면은 건물 전반에 시각적 부담을 주었다.

근대화 시기의 건축은 거리 의존적 효과가 뚜렷하게 나타났으며, 원거리에서의 측정값은 모든 시대·거리 조합 중 가장 높은 최대 스트레스 수치($7.40 \times 10^\circ$)를 기록하였다. 이러한 급격한 상승은 이 시기 건축의 체계적인 창호 패턴과 규격화된 구성이 시각적 스트레스를 유발함을 보여준다. 특히 원거리 시점에서 건물 전체나 거리 단위로 반복적인 요소들이 한번에 시야에 들어올 때 그 효과가 크게 증폭됨을 보여준다.

한국의 급격한 도시 확장기 대규모 주택 건설은 근거리에서 가장 높은 시각적 스트레스를 유발했으며, 이는 반복적 패턴과 강한 대비 효과에 의해 더욱 증폭되었다.

한국전쟁 이후 산업화 시기의 건축은 초기 세 시대 중 가장 높은 근거리 최대 스트레스 값($8.34 \times 10^\circ$)을 기록하였다. 이는 경제적 제약과 급속한 시공 과정 속에서 나타난 실용주의적 설계 방식과 재료의 불균질성을 반영하고 있는 결과로 나타난다.

현대 건축 입면은 특정 지점의 강한 자극보다, 표면 전체에 걸친 지속적인 시각적 부담을 유발한다.

현대 디지털 전환기 건축은 근거리 관찰에서 상대적으로 낮은 시각적 스트레스($4.43 \times 10^\circ$)를 보이는 대신, 중거리 관찰에서 평균 시각적 스트레스가 가장 높게 나타나는 독특한 양상을 보였다($11.32 \times 10^\circ$). 이는 디지털 설계 도구의 활용이 시각적 복잡성을 특정 지점에 집중시키기보다 입면 전체에 고르게 분포시키는 결과를 낳았음을 의미하며, 그 결과 순간적인 스트레스 반응보다는 지속적인 인지적 부담을 유발하는 것으로 나타났다.



V. 분석결과

관찰 거리 효과

시각적 스트레스는 원거리에서 가장 크게 치솟지만, 실제로 패턴의 복잡성이 가장 뚜렷하게 드러나는 것은 중간 거리이다.

관찰 거리별 시각적 스트레스 변화를 분석한 결과, 관찰자의 거리와 스트레스 발현 사이에는 복합적인 관계가 존재함이 드러났다. 원거리 관찰에서는 최고 시각 스트레스가 가장 높게 나타났으며(5.97×10^9), 변동성 또한 가장 높았다(CoV = 0.996). 이는 다수의 입면 요소가 한꺼번에 시야에 들어오는 도시적 맥락에서 누적된 시각적 복잡성이 스트레스 지표를 크게 증폭시킨다는 점을 시사한다. 반면 중거리 관찰에서는 평균 시각 스트레스가 가장 높게 측정되었으며(9.06×10^8), 변동성은 중간 수준(CoV = 0.829)을 보였다. 이는 중간 거리에서는 입면의 세부적인 요소가 가장 잘 보이고 동시에 반복된 패턴이 눈에 띄어, 전체적으로 꾸준히 높은 수준의 시각적 복잡성이 유지된다는 것을 의미한다.





VI. 논의 및 시사점

전통 건축의 신경생리학적 적합성

수 세기에 걸친 수공예적 건축은 사람의 뇌가 가장 편안하게 인식할 수 있는 형태로 자연스럽게 발전해왔다.

전통 한국 건축 유형이 일관되게 낮은 수준의 시각적 스트레스 잠재력을 보인다는 실증적 결과는 전통적인 수공예적 시공 방식과 유기적 재료 변화를 중시하는 기존 건축 담론이 주장해온 신경생리학적 이점을 정량적으로 입증한다(Pai, 2018; Kim & Yang, 2022). 또한 전통 건축물 입면의 특성과 자연환경 장면의 분포가 통계적으로 일치한다는 것은 수세기에 걸친 시행착오와 전통적인 건축 양식이 인간의 시각적 편안함에 무의식적으로 최적화되어 왔음을 시사한다.

자연적인 재료와 불균일한 질감은 // 미적 가치뿐 아니라, 뇌가 시각 정보를 보다 수월하게 받아드리도록 돕는다.

전통 건축은 관찰 거리와 상관없이 시각적 스트레스 분포가 안정적으로 유지되는 특징을 보인다. 이는 표면의 불균일한 질감과 불규칙한 재료성이 단조로움을 피하면서 다양한 시각적 자극을 제공하고, 동시에 신경생리학적 일관성을 함께 유지한다. 이러한 결과는 시각적 불규칙성, 재료의 촉감, 적정 수준의 복잡성이 긍정적 정서 반응을 유발한다는 신경미학 연구와도 일치한다. 특히 자연적 불규칙성과 다양한 촉각적 재료성이 지배적인 환경에서 이러한 효과가 더욱 두드러진다는 점을 보여준다 (Campagna & Chamberlain, 2024; Okamoto et al., 2013; Bilgic & Wells Ebbini, 2024).





VI. 논의 및 시사점

반복적인 패턴과 누적되는 시각적 스트레스

시대를 막론하고 반복적인 입면은 뇌에 지속적인 부담을 준다.

여러 역사적 시기에 걸쳐 일관되게 시각적 스트레스가 높은 것은 모듈화된 건축 방식과 신경생리학적 반응 양상 사이에 근본적인 연관성이 존재함을 보여준다. 대표적으로 창호 규격화, 프리패브리케이션 기법, 커튼월 시스템 등의 건축 요소가 동시에 시야에 들어올 때 스트레스가 증폭되는 유사한 효과를 드러낸다. 이는 반복적인 요소들이 기술적 정교함이나 미적 의도와 무관하게 본질적으로 인간의 효율적인 시각 처리 과정을 방해한다는 점을 시사한다.

입면 패턴의 반복이 강할수록 시각적 스트레스도 증폭된다.

창문이나 발코니 같은 건축 요소가 반복될수록 멀리서 볼 때 시각적 스트레스가 가장 높게 나타났다. 즉, 시야에 더 많은 반복 요소가 동시에 들어올수록 개별 스트레스 요인이 겹쳐져 그 영향이 큰 폭으로 증가함을 시사한다. 이러한 결과는 도시설계 실무에 고려할 수 있으며, 건축 입면 패턴에 관한 의사결정이 단일 건축물의 성능을 넘어 주변 환경의 전반적 품질과 더 나아가 지역 사회의 공중 보건에도 영향을 미친다는 점을 시사한다.





VI. 논의 및 시사점

현대 기술과 최적화 가능성

오늘날의 디지털 디자인은 세밀한 제어를 가능하게 하지만 지나친 복잡성은 순간적인 자극을 줄이는 대신 오히려 지속적인 시각적 피로를 유발한다.

현대 건축에서 나타나는 복잡한 패턴은 디지털 설계 기술의 신경생리학적 최적화 가능성이 있으나, 동시에 시각적 스트레스를 유발할 수 있다. 특히 정교한 컴퓨터이셔널 도구는 시각적 패턴 분포를 정밀하게 제어할 수 있지만, 실제로는 인간의 편안함보다 미적 세련됨을 우선시한다. 그 결과, 순간적인 스트레스는 줄어들 수 있으나 오히려 지속적인 시각적 복잡성(유사한 창이나 패널이 끝없이 반복되는 입면, 불규칙적이지만 과도하게 세분화된 격자 패턴 등)이 남아 인지적 피로를 유발할 수 있다.

기술이 만든 입면, 시각적 편안함을 위협할 수 있다.

현대 상업 건축의 특징인 ‘기업적 심미성 증폭(corporate aesthetic amplification)’ 효과는 기업들이 흔히 추구하는 과도하게 매끈하고 세련된 외관을 강조하는 경향으로, 광택이 강한 마감재와 대규모 유리 입면의 광범위한 사용에서 잘 드러난다. 이는 기술 발전이 시각적 에너지를 분산시키기보다 특정 재료의 과도한 활용을 통해 의도치 않게 시각적 편안함을 저해할 수 있음을 보여준다. 그러나 현대 입면은 순간적으로 느껴지는 강한 시각적 불편감은 낮게 나타나며, 이는 신경생리학적 원리를 설계에 적용할 경우 기술을 통해 시각적 편안함을 더욱 효과적으로 최적화할 수 있음을 보여준다.



VI. 논의 및 시사점

건축 설계 실무와 도시 정책적 시사점

편안함을 위한 디자인은 스타일을 넘어, 신경생리학적 근거를 설계에 담는 것이다.

본 연구의 결과는 기존의 건축 설계 프로토콜을 근본적으로 재검토할 필요성을 제기한다. 특히 재료 선택, 패턴의 구성, 스케일에 따른 설계 전략에서 나타난다. 전통 건축 요소의 특징이 신경생리학적으로 유익하다는 실증적 검증은 단순한 미적 고려를 넘어 인간 중심의 근거 기반 설계로 나아가기 위한 객관적 기준을 제시한다.

밀집된 도시에서 반복적인 입면은 단순한 디자인 문제를 넘어 정책이 외면할 수 없는 공중 보건의 문제이다.

향후 도시계획 정책은 건축 요소에서 유발되는 시각적 스트레스가 건강에 미치는 영향을 인식해야 하며, 특히 고밀도 환경에서는 반복적 입면 체계가 여러 스케일에서 동시에 시각적 부담을 만들어낼 수 있다는 점을 고려해야 한다. 따라서 설계 검토 과정에서 활용할 수 있는 시각적 스트레스 평가 프로토콜의 개발은 공중 보건적 고려를 건축 규제와 승인 체계에 통합할 수 있는 중요한 기회를 제공한다.

입면은 스케일마다 다르게 보이며, 이는 도시를 이동하는 사람들의 실제 시각 경험과 직결된다.

입면 디자인은 사람들이 도시를 이동하며 실제로 건물을 어떻게 지각하는지를 고려해야 한다. 특히 시각적 스트레스가 거리와 밀접하게 연관되어 나타난다는 점은 시각 조건과 보행자의 이동 패턴을 반영한 설계 전략의 필요성을 보여준다. 따라서 전문가들은 입면을 여러 관찰 스케일에서 평가해야 하며, 근거리에서 효과적인 요소가 도시적 차원에서는 문제를 일으킬 수 있고, 반대로 도시적 차원에서 적합한 요소가 근거리에서는 불편을 줄 수 있다는 점을 인식해야 한다.



VII. 연구의 한계 및 향후 연구 방향

입면 사진만으로는 사람들이 도시를 이동하면서 겪는 시각적 스트레스를 온전히 포착할 수 없다.

본 연구는 연구 결과의 일반적 적용 가능성을 제한하는 몇 가지 방법론적 제약을 지닌다. 첫째, 정적 이미지 분석에 의존하는 방식은 도시 공간을 이동하면서 경험되는 시각적 스트레스의 역동적 특성을 포착하지 못하며 실제 신경생리학적 반응을 과소평가하거나 왜곡할 가능성이 있다. 둘째, 문서화 과정에서 적용된 표준화된 조명 조건은 하루의 시간대, 계절 변화, 인공조명 효과와 같이 시각적 자극과 스트레스 특성에 큰 영향을 미치는 조명 변화를 반영하지 못한다. 마지막으로, 본 연구는 색채 및 색채 조합의 영향을 고려하지 않았다.

실제 적용을 위해서는 예측된 스트레스와 실제 생리 반응을 검증하는 인간 대상 연구가 필요하다.

본 연구의 단일 감각 중심 평가 방식은 시각적 자극에만 집중함으로써 청각·온열·촉각과 같이 종합적인 환경 스트레스 반응과 지각적 편안함에 영향을 미치는 다감각적 경험을 충분히 반영하지 못한다. 또한 예측된 스트레스 수준과 실제 생리적 반응 간의 직접적 상관성을 규명하기 위해서는 인간을 대상으로 한 주관적 평가 연구를 통해 방법론을 검증할 필요가 있다. 이러한 검증의 부재는 경험적 타당성 측면에서 중요한 공백으로 남아 있으며, 임상적 및 실무적 적용의 즉각적인 확장을 제약한다.

건축가들이 현재 활용하는 설계 소프트웨어에 실시간 스트레스 분석이 통합되는 것이 미래의 방향이다.

향후 연구에서는 혈류학적 반응, 뇌파(EEG), 시선 추적 등과 같은 생리적 지표를 포함한 종합적인 인체 대상 연구를 통해 통제된 실험 조건에서 연구 방법론을 검증하는 것이 우선 과제가 되어야 한다. 더 나아가 시간에 따른 노출 효과와 다양한 인구 집단 간 개인별 민감성 차이를 규명하는 종단 연구는 맞춤형 설계 지침 수립과 함께 보다 강화된 보호가 필요한 취약 집단을 식별하는 데 중요한 통찰을 제공할 것이다.

시각적 스트레스를 줄이는 건축, 이제 설계의 일부가 된다.

표준 건축 설계 소프트웨어에 실시간 시각적 스트레스 평가 기능을 통합하는 것은 신경생리학적 요소를 설계 실무의 일상적 흐름에 반영할 수 있는 혁신적인 방향을 보여준다. 더 나아가 보행자의 이동 시뮬레이션과 시간적 노출 모델링을 포함한 동적 평가 방법론은 시각적 스트레스 분석의 실제 적용 가능성을 한층 높여 도시 환경을 종합적으로 평가하는데 중요한 토대를 마련할 수 있을 것으로 판단된다.



VIII. 결론

연구 결과

시각적 스트레스는 특정 건축 양식이나 시대에 국한되지 않는다. 이는 건물의 가장 근본적인 설계 요소, 패턴, 재료, 형태에 의해 결정된다.

본 연구는 컴퓨터시뮬한 방법을 통해 특정 건축 설계 요소들이 역사나 양식적 배경과 무관하게 도시 환경에서 시각적 스트레스의 핵심 요인임을 규명하였다. 특히 한국 전통 건축 특성은 자연에서 발견되는 패턴과 통계적으로 부합하며 시각적 편안함을 제공하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 관련 설계 원리를 현대 건축에 적용해야 할 정량적 근거를 제시하였고, 이는 단순한 미적 차원을 넘어 인간의 뇌와 신체의 안정에 큰 영향을 미친다는 점에서 의미가 있다.

반복적인 건축 패턴은 시대와 기술, 건물 유형을 막론하고 일관되게 시각적 스트레스를 증폭시킨다.

본 연구는 건축의 구성 방식과 인간의 신체 반응 사이에 깊은 연관성이 있음을 보여주며, 특히 패턴이 과도하게 반복될 때 그 영향이 두드러진다는 것을 발견하였다. 이는 반복적인 것이 정신적·신체적 웰빙에 미치는 효과를 고려하는 새로운 설계 접근의 필요성을 제기한다. 현대 디지털 시대는 건축가들에게 더욱 정교하고 복잡한 시각적 디자인을 가능하게 하는 강력한 도구를 제공하지만, 동시에 이러한 도구가 보행자에게 더 큰 스트레스를 유발하는 방식으로 사용될 위험 또한 내포하고 있다.

기술은 사람을 위한 설계일 때 비로소 시각적 스트레스를 줄일 수 있다.

본 연구는 사람들의 웰빙을 고려한 설계를 추구하는 투자자, 클라이언트, 건축가, 도시계획가에게 근거 기반의 지침을 제공한다. 이는 개발 과정에서 다양한 설계의 선택이 뇌와 신체에 어떤 영향을 미칠지를 평가할 수 있는 객관적 도구로 활용될 수 있다. 특히 도시화가 심화되고 디지털 도구가 건축을 점점 더 복잡하게 만드는 시대에서 인간 중심의 과학적 접근은 고밀도 도시 환경에서 건강과 웰빙을 증진하기 위한 필수적 요소가 될 것이다.

뇌와 신경계를 연결하는 새로운 디자인을 위한 토대를 마련한다.

이는 디지털 혁신을 뇌의 작동 원리에 뿌리를 둔 설계 원칙과 연결할 수 있는 의미 있는 기회를 제공한다. 연구 결과는 특정 요소, 형태, 패턴이 우리의 신경계에 어떤 영향을 미치는지를 평가함으로써 정신적·신체적 웰빙을 저해하지 않고 오히려 증진하는 도시를 형성하는데 기여할 수 있다는 초기 근거를 제시한다.



감사의 글

다음의 논문을 기반으로 작성됨: Valentine, C., Mitcheltree, H., Hosking, I., Jung, U., Choi, K., Lee, D., Oh, K., Kim, S., Wilkins, A., & Penacchio, O. (2025). 파사드 패턴과 시각적 스트레스: 서울의 건축 디자인과 시각적 스트레스에 대한 컴퓨터이셔널 연구.

공동 저자인 Heather Mitcheltree, Ian Hosking, Kyujin Choi, Daniel Lee, Kyungho Oh, Seoyoung Kim, Arnold Wilkins, Olivier Penacchio, 그리고 Leonard Schrage께 깊은 감사의 인사를 드립니다. 여러분의 창의성, 헌신, 그리고 관대함이 본 연구 전반에 걸쳐 큰 힘이 되어 주었습니다. 해당 보고서는 모두의 공동 노력을 기반으로 작성될 수 있었으며, 여러분과 함께 배우고 협력할 수 있었던 것은 큰 영광이었습니다.

또한 ViStA 도구의 활용을 통해 얻은 통찰과 기술적 전문성을 가지고 해당 연구에 포함된 상당 부분의 분석을 가능하게 해 주신 Tom Bashford와 Yi Chen Hock께도 감사의 인사를 드립니다. 특히 이 연구에 대한 지속적인 지도, 격려, 그리고 믿음으로 늘 든든한 버팀목이 되어주신 Koen Steemers 교수님께도 깊은 감사의 인사를 드립니다. 더불어 본 연구에 지속적으로 많은 지원을 보내주신 손동욱 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 마지막으로 Thomas Heatherwick, Abigail Scott Paul, Humanise 팀, 그리고 특히 Anna Kim 박사님과 Matt Bell께도 깊이 감사드립니다. 여러분의 세심한 편집과 피드백 덕분에 본 연구가 더욱 명확하고 세심하게 완성될 수 있었습니다.

참고문헌

Bilgic, N., & Ebbini, G. W. (2024). 가상 실내 환경에서의 복잡성과 회복의 균형: 바이오필릭 디자인에서 조직된 복잡성에 대한 사용자 인식. Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research, 18(4), 895-913.

Campagna, M., & Chamberlain, R. (2024). 재료의 감각적 속성과 개인적 차이가 시각적으로 표현된 자극의 촉각적 미적 매력에 미치는 영향. Scientific Reports, 14(1), 13690.

Chatrian, G. E., Lettich, E., Miller, L. H., & Green, J. R. (1970). 패턴-민감성 간질 I. 전기생리학적 메커니즘 연구. Epilepsia, 11(2), 125-149.

Gelézeau, V. (2007). 아파트 공화국: 서울의 도시 생활에 관한 에세이. 하와이 대학교 출판부.

Hong, J., & Yoon, J. (2009). 전통 한옥에서 나타나는 건축 재료의 본질적 속성에 관한 연구. Journal of the Basic Design & Art, 10(6), 469-477.

Jung, I. (2013). 한국의 근대 건축과 도시. 하와이 대학교 출판부.

Kim, D., & Yang, S. (2022). 사용자 감성 평가와 러프 집합 이론을 활용한 비주거 한옥 입면에 관한 실증 연구: 익선동 보존구역의 비주거 한옥을 중심으로. Journal of Urban Design Institute of Korea, 23(6), 37-5

Kim, M. S. (2019). 1950~60년대 김한섭의 건축 입면 표현 특성에 관한 연구. Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea, 21(6), 119-128.

Le, A. T. D., Payne, J., Clarke, C., Kelly, M. A., Prudenziati, F., Armsby, E., Penacchio, O., & Wilkins, A. J. (2017). 도시 경관으로 인한 불편감: 대사적 결과. Landscape and Urban Planning, 160, 61-68.

Mitcheltree et al., 2025.

Moon, K.-J. (2013). 1930년대부터 1960년대까지 한국 영화 속 아파트 이미지에 관한 연구. Journal of the Architectural Institute of Korea: Planning & Design, 29(4), 147-158.

O’Hare, L., Clarke, A. D., & Hibbard, P. B. (2013). 시각 탐색과 시각적 불편감. Perception, 42(1), 1-15.

Okamoto, S., Nagano, H., & Yamada, Y. (2013). 인간의 촉각에 호소하는 질감의 시각적·감각적 특성. International Journal of Affective Engineering, 12(3), 375-384.

Pai, H. I. (2018). 한국 건축의 유산: 전통 건축, 식민지 건축, 근대 건축. 서울대학교 출판문화원.

Park, H.-C. (2014). 현대 농촌 지역과 전통 한옥 마을의 색채 경관 비교 연구. Journal of the Korea Society of Color Studies, 28(2), 59-69.

Penacchio, O., & Wilkins, A. J. (2015). 시각적 불편감과 푸리에 에너지의 공간 분포. Vision Research, 108, 1-7.

Radhakrishnan, K., & Klass, D. W. (2004). 반세기의 시각 패턴-민감성 간질. Mayo Clinic Proceedings, 79(2), 269-270.

Shin, D. (2020). 디지털 건축과 서울의 현대 도시 개발. 건축출판문화원.

Strasburger, H., Rentschler, I., & Jüttner, M. (2011). 주변 시야와 패턴 인식: 리뷰. Journal of Vision, 11(5), 13.

Valentine et al., 2025. (추가 예정)

Wilkins, A. (1995). 시각적 스트레스. 옥스퍼드대학교 출판부.

Wilkins, A. (2016). 시각적 불편감의 생리학적 기초: 조명 디자인의 적용. Lighting Research & Technology, 48(1), 44-54.

Wilkins, A. J., Nimmo-Smith, I., Tait, A., McManus, C., Della Sala, S., Tilley, A., Arnold, K., Barrie, M., & Scott, S. (1984). 시각적 불편감의 신경학적 기초. Brain, 107(4), 989-1017.

Wilkins, A. J., Penacchio, O., & Leonards, U. (2018). 건축 환경과 그 패턴: 시각 과학의 관점. Journal of Sustainable Design & Applied Research, 6(1), 1-14.

휴머니즈 캠페인 소개

휴머니즈 캠페인은 즐겁고 매력적이며 인간적인 건축물과 도시를 만들기 위한 전 세계적인 움직임을 이끌고 있습니다. 이 캠페인은 토머스 헤더윅(Thomas Heatherwick)의 저서 『휴머니즈: 우리 세계를 짓는 제작자를 위한 안내서』에서 영감을 받아, 지루하고 영혼 없는 건물이 우리의 뇌와 경제, 지구에 어떤 해를 끼치는지, 그리고 우리의 주변 환경이 어떻게 우리라는 존재를 형성하고 연결하며 기쁨을 선사하는지를 조명합니다. 사람에게서는 사람이 중심이 되는 건축물이 필요합니다.

더 많은 정보와 참여 방법은 humanise.org 에서 확인할 수 있습니다

 HUMANISE