



Comparison and Evaluation of Modelling Indicators

Şensin Aydın Yağmur*^{id}, Leyla Dokuzer Öztürk^{id}

Department of Architecture, Yıldız Technical University, Istanbul, 34349, Turkey

Highlights:

- Investigation of modelling indicators
- Comparison of the modelling indicators with each other
- Comparison of the findings with the visual assessments of facial impression

Keywords:

- Modelling
- Modelling indicators
- Vectoral illuminance
- Spherical illuminance

Article Info:

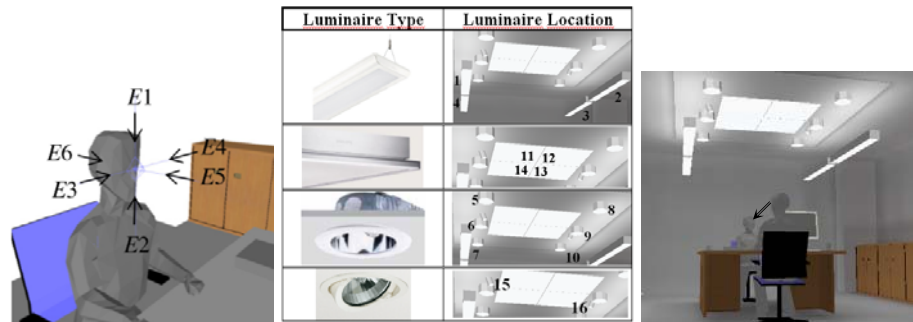
Research Article
Received: 25.08.2016
Accepted: 26.04.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460486

Graphical/Tabular Abstract

The appearance of objects' features like form, texture and human faces are examined under the heading 'modelling' in the literature and various modelling indicators have been proposed to define the appropriate conditions regarding modelling.



Lighting Scenario	Face Appearance	Modelling Indicators		Lighting Scenario	Face Appearance	Modelling Indicators	
1+3		E_h upward/ E_h downward	1.78	11+13		E_h upward/ E_h downward	5.08
		\vec{E} / E_z	1.28			\vec{E} / E_z	2.48
		VMI	0.40			VMI	1.21
		HMI	1.60			HMI	2.22
		E_v / E_h	0.69			E_v / E_h	0.30

Figure A. Calculation results for some lighting scenarios according to the proposed modelling indicators in literature

Purpose:

The aim of this study is to compare and evaluate different modelling indicators in two phases. Firstly, the comparison is based on different lighting scenarios that are created in a lighting software. Subsequently, calculated modelling indicators are compared with the visual assessments of a previous study.

Theory and Methods:

Modelling is a lighting design criterion and is described as the balance between directional and diffused light. The proposed modelling indicators were defined under certain lighting conditions. The calculation of the mentioned indicators for different lighting scenarios was therefore considered important. Thus, it may be possible to determine the indicator that may be considered most appropriate to be applied for any lighting arrangement. For this purpose, different lighting scenarios are generated in a model room created in the DIALux lighting program. The proposed indicators are calculated for each lighting scenario and the results are compared. The calculations are conducted for the eye height of a sitting person. The calculation results obtained in this phase are then compared with the visual assessments of facial impressions performed in a previous study. The model room created in the lighting program was the simulation of the mock-up room in which the visual assessments were performed.

Results:

The comparison of the calculated modelling indicators with each other showed that they are not coherent with each other. The calculation results were also not consistent with the visual assessments for each scenario.

Conclusion:

The results of this study showed that more research on modelling is needed. Identification of a modelling indicator is required to be used to determine the modelling condition for all possible lighting arrangements.

Correspondence:

Author: Şensin Aydın Yağmur
e-mail: sensina@yildiz.edu.tr
phone: +90 212 383 2624



Modelleme göstergelerinin karşılaştırılması ve değerlendirilmesi

Şensin Aydın Yağmur*^{ID}, Leyla Dokuzer Öztürk^{ID}

Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Bilim Alanı, Beşiktaş, İstanbul, 34349, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- Modelleme göstergelerinin incelenmesi
- Modelleme göstergelerinin birbirleriyle karşılaştırılması
- Bulguların yüz izleniminin görsel değerlendirmeleri ile karşılaştırılması

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 25.08.2016

Kabul: 26.04.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460486

Anahtar Kelimeler:

Modelleme,
modelleme göstergeleri,
vektörel aydınlık,
küresel aydınlık

ÖZET

Modelleme terimi doğrultulu ışık ile yayınlık ışık arasındaki dengeyi tanımlamaktadır. Literatürde, nesnelerin biçim, doku gibi özelliklerinin ve insan yüzünün rahat ve doğru algılanması ile ilgili koşullar "modelleme" başlığı altında irdelenmektedir. Bu çalışmada, çeşitli araştırmacılar tarafından önerilmiş olan, metrik sınırları tanımlı modelleme göstergeleri incelenmiştir. Modelleme göstergelerine yönelik bir aydınlatma programı kullanılarak yapılan inceleme sonuçları ilk aşamada kendi aralarında karşılaştırılmıştır. İnceleme sonuçları ikinci aşamada, Yıldız Teknik Üniversitesi'nde bir araştırma projesi (Proje no: 2011-03-01-DOP01) kapsamında iki kişilik büro olarak tasarlanmış bir deney hacminde elde edilmiş olan deneklerin insan yüzündeki gölgeye yönelik izlenimleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak farklı aydınlatma senaryoları için modelleme göstergelerinin birbirleriyle ve denek izlenimleriyle uyumlu olmadığı görülmüştür.

Comparison and evaluation of modelling indicators

H I G H L I G H T S

- Investigation of modelling indicators
- Comparison of the modelling indicators with each other
- Comparison of the findings with the visual assessments of facial impression

Article Info

Research Article

Received: 25.08.2016

Accepted: 26.04.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460486

Keywords:

Modelling,
modelling indicators,
vectoral illuminance,
spherical illuminance

ABSTRACT

Modelling describes the balance between diffuse and directed light. The conditions for perception of objects features like form and texture and human faces clearly and pleasingly are examined under the heading 'modelling' in the literature. In this study, modelling indicators, which have defined metric limits, recommended by several researchers are investigated. The examination results in terms of modelling indicators obtained via a lighting program are compared with each other in the first stage. In the second stage, the examination results are compared with the visual impressions of subjects about a person's face in a mock-up room in Yıldız Technical University, designed as an office for two users within the context of a research project (Project no: 2011-03-01-DOP01). In conclusion, modelling indicators for different lighting scenarios were found not to be coherent with each other and the subjects' impressions.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: sensina@yildiz.edu.tr, dokuzer@yildiz.edu.tr / Tel: +90 0 212 383 26 22

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

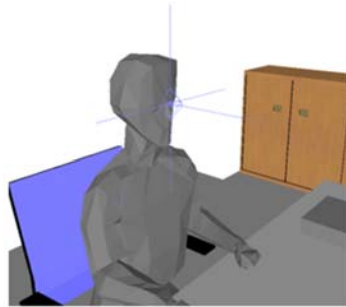
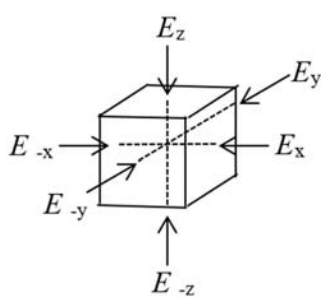
Mimari mekanların aydınlatma tasarımında ışığın doğrultusal yapısı ve hacimde oluşan gölgelerin özellikleri, üç boyutlu nesnelerin algılanması ve görsel iletişimde insan yüzünün doğru görünmesi açısından dikkate alınmalıdır. Bir mekan içindeki gölgeler, nesnenin kendi yüzeyinde oluşan gölgeler ve bu nesnenin yüzeyler üzerine düşen gölgeleri (atılan gölge) olmak üzere iki açıdan değerlendirilebilir. Her iki gölge tipinin de açıklık-koyuluk ve sertlik-yumuşaklık olmak üzere iki ayrı özelliği vardır. Bir gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliği, gölge sınırının kesin olup olmayışı ile ilgilidir. Sınırları kesin olarak algılanan gölge sert gölgedir. Gölge sınırının belirsizleştiği koşullarda yumuşak gölgeden söz edilir. Gölgenin açıklık-koyuluk özelliği, gölgenin aydınlanıp aydınlanmaması ile ilgilidir. İç yüzeylerden yansıyan ve/ya da gölgeyi oluşturan ışık kaynağı dışındaki başka kaynaklardan gelen ışıkla aydınlanan gölgeler açık renkli algılanır.

Nesne yüzeyindeki gölgelerin açıklık-koyuluk özelliği 'modelleme' terimi ile ifade edilmektedir. Aydınlatma literatüründe modelleme, hacimdeki doğrultulu (dolaysız) ışık ile yayınlık ışık arasındaki denge olarak tarif edilmektedir [1].

Bu makalede çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen ve metrik sınırları bulunan modelleme göstergeleri ele alınarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ilk aşamada DIALux Aydınlatma Programı aracılığı ile kendi aralarında karşılaştırılmıştır. İnceleme sonuçları ikinci aşamada, Yıldız Teknik Üniversitesi'nde yer alan, iki kişilik bir büro olarak tasarlanmış olan bir deney hacminde, "Lamba ışığı ile aydınlatmada gölge niteliğinin belirlenmesi ve tasarım kriteri olarak değerlendirilmesi için bir yaklaşım" başlıklı proje (Proje no: 2011-03-01-DOP01) kapsamında sorgulanmış olan yüz izlenimine ilişkin sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

2. MODELLEME GÖSTERGELERİ (MODELLING INDICATORS)

Çeşitli araştırmacılar modelleme açısından uygun koşulları belirten göstergeler önermişlerdir. Aydınlatma kılavuzları ve standartlar da bu açıdan öneriler içermektedir.



- E1: Baş üstündeki yatay aydınlık düzeyi
- E2: Çene altındaki yatay aydınlık düzeyi
- E3, E4: Başın iki yanındaki düşey aydınlık düzeyleri
- E5: Yüzdeki düşey aydınlık düzeyi
- E6: Başın arkasındaki düşey aydınlık düzeyi

Aydınlatmanın doğrultusal özelliğini belirlemek üzere yapılan öneriler genelde çeşitli düzlemlerdeki aydınlıkların birbirine oranı ile ilgilidir (Şekil 1). Bir küpün altı kenarındaki E1-E6 ile belirtilen altı farklı düzlemdeki aydınlık düzeyi, modellemeye konu olan insan ya da nesne ile ilgili tek bir nokta ele alınarak hesaplanmaktadır. Örneğin, insan yüzü ile ilgili modelleme hesaplamalarında oturan bir insanın gözünün döşmeden ortalama yüksekliği (120 cm) dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada, metrik sınırları bulunan başlıca modelleme göstergeleri ele alınmış ve bir deney hacminde oluşturulan çeşitli aydınlatma senaryolarında masa başında çalışan bir kişinin göz seviyesindeki nokta için hesaplamalar yapılmıştır. Ele alınan göstergelerin tanımı ve hesaplamada kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

- Üst yatay aydınlığın alt yatay aydınlığa oranı

Moon ve Spencer, modelleme göstergesi olarak üst yatay aydınlığın ($E_{h \text{ üst}}$) alt yatay aydınlığa ($E_{h \text{ alt}}$) oranını ($E_{h \text{ üst}}/E_{h \text{ alt}}$) önermişlerdir [2]. Bu yaklaşımda, Şekil 1'de belirtilen E1 aydınlığının E2 aydınlığına oranı söz konusudur. Bu oran ile ilgili sınır değerler aşağıdaki gibi belirtilmiş olup, araştırmacılar özellikle 3 oranının en iyi sonucu verdiğini vurgulamışlardır.

$$\leq E_{h \text{ üst}}/E_{h \text{ alt}} \leq 6$$

- Vektörel aydınlığın küresel aydınlığa oranı

Cuttle, Boyce vd. ile Fischer, modelleme göstergesi olarak vektörel aydınlığın (\bar{E}) küresel aydınlığa (E_s) oranını (\bar{E}/E_s) önermişlerdir. Vektörel aydınlık, bir noktanın karşılıklı yönlerindeki aydınlık düzeyleri arasındaki farklardan en büyük olanıdır. Vektörel aydınlığın doğrultusu da, aydınlık düzeyi farkının maksimum olduğu doğrultudur [3]. Vektörel aydınlık, küresel aydınlık düzeylerinden (*cubic illuminance*) yararlanarak bulunabilir. Küresel aydınlık düzeyleri, Şekil 1'de görülen x, y ve z akslarındaki karşılıklı aydınlık düzeyleridir. Bu aydınlık düzeylerine bağlı olarak vektörel aydınlık Eş. 1 ile hesaplanabilir [4].

$$|\bar{E}| = \sqrt{(E1 - E2)^2 + (E3 - E4)^2 + (E5 - E6)^2} \quad (1)$$

Şekil 1. Modelleme hesaplarında kullanılan aydınlık düzeylerinin yönleri (directions of illuminances used for modelling calculations)

\bar{E} : vektörel aydınlık düzeyi (lm/m²)

$E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6$: Şekil 1'de gösterilen doğrultulardaki aydınlık düzeyleri, lm/m²

Küresel aydınlık, bir noktada yer alan sonsuz küçük bir kürenin yüzeyindeki ortalama aydınlık düzeyidir [3]. Küresel aydınlık düzeyi Eş. 2 ile hesaplanır [4].

$$E_s = \bar{E} / 4 + E_{sym} \quad (2)$$

E_s : küresel aydınlık düzeyi (lm/m²)

\bar{E} : vektörel aydınlık düzeyi (lm/m²)

E_{sym} : simetrik aydınlık düzeyi (lm/m²)

Karşılıklı aydınlık düzeylerinden küçük olanların ortalaması olan simetrik aydınlık düzeyi Eş. 3 ile hesaplanır.

$$E_{sym} = ((E_1 \text{ ya da } E_2) + (E_3 \text{ ya da } E_4) + (E_5 \text{ ya da } E_6)) / 3 \quad (3)$$

E_{sym} : simetrik aydınlık düzeyi

$E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6$: Şekil 1'de gösterilen doğrultulardaki aydınlık düzeyleri, lm/m²

E_1 ya da E_2 : E_1 ya da E_2 aydınlık düzeyinden hangisi daha düşük ise o kullanılır.

E_3 ya da E_4 : E_3 ya da E_4 aydınlık düzeyinden hangisi daha düşük ise o kullanılır.

E_5 ya da E_6 : E_5 ya da E_6 aydınlık düzeyinden hangisi daha düşük ise o kullanılır.

Vektörel aydınlığın küresel aydınlığa oranı ile ilgili sınır değerler Cuttle [5], Ficher [6], Boyce vd. [7] tarafından aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\text{Cuttle'a göre} \quad ; 1,4 \leq \bar{E} / E_s \leq 2$$

$$\text{Ficher'e göre} \quad ; 1,5 \leq \bar{E} / E_s \leq 2$$

$$\text{Boyce vd.'ne göre} \quad ; 1,0 \leq \bar{E} / E_s \leq 3$$

- Üst ve alt yatay aydınlık düzeyleri farkının maksimum düşey aydınlık düzeyine oranı; Maksimum düşey aydınlık düzeyinin silindirel aydınlık düzeyine oranı

Bean, düşey (VMI) ve yatay (HMI) modelleme göstergesi olmak üzere iki ayrı gösterge tanımlı yapmıştır [8]. Düşey modelleme göstergesi (*VMI: vertical modelling indicator*), üst ve alt yatay aydınlık düzeyleri farkının maksimum düşey aydınlık düzeyine oranıdır. Yatay modelleme göstergesi (*HMI: horizontal modelling indicator*),

maksimum düşey aydınlık düzeyinin silindirel aydınlık düzeyine oranıdır.

$$\text{VMI} = (E_1 - E_2) / (E_3 \text{ ya da } E_4 \text{ ya da } E_5 \text{ ya da } E_6) \quad (4)$$

$$\text{HMI} = (E_3 \text{ ya da } E_4 \text{ ya da } E_5 \text{ ya da } E_6) / E_z \quad (5)$$

$E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6$: Şekil 1'de gösterilen doğrultulardaki aydınlık düzeyleri, lm/m²

E_3 ya da E_4 ya da E_5 ya da E_6 : E_3, E_4, E_5 ve E_6 aydınlık düzeylerinden hangisi daha yüksekse o kullanılır.

E_z : silindirel aydınlık düzeyi

Her iki gösterge için sınır değerler aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

$$1. \leq \text{VMI} \leq 2; 1 \leq \text{HMI} \leq 1,5$$

- Silindirel aydınlığın yatay aydınlığa oranı

Kapalı alandaki iş mahallerinin aydınlatılması ile ilgili Avrupa Standardı'nda modelleme göstergesi olarak silindirel aydınlığın (E_z) yatay aydınlığa (E_h) oranı (E_z/E_h) tanımlanmıştır. Söz konusu oran için önerilen sınır değerler aşağıdaki gibidir [1]. Bu yaklaşımdaki yatay aydınlık düzeyi Şekil 1'de belirtilen E_1 aydınlığıdır.

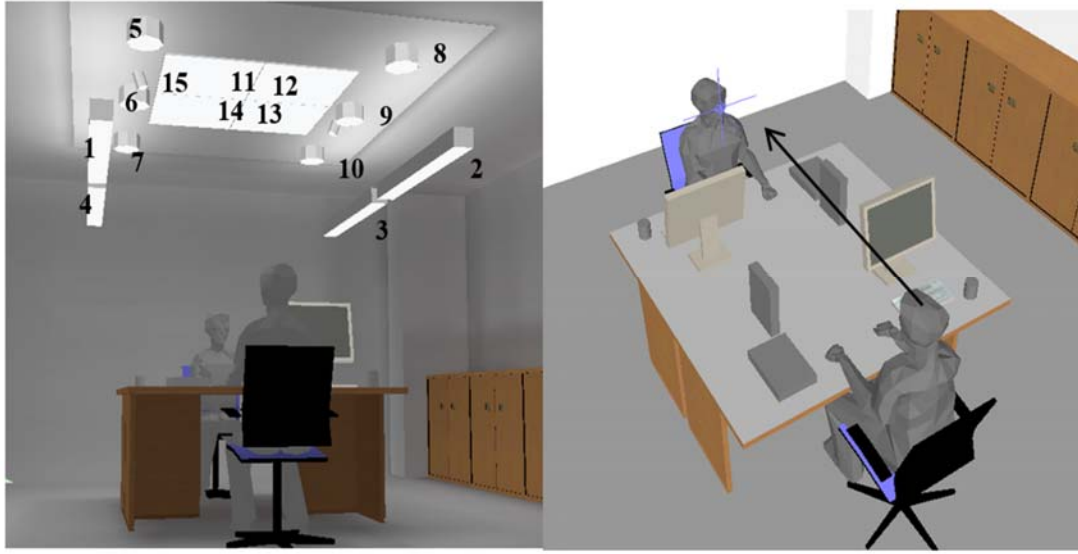
$$2. 0,30 \leq E_z/E_h \leq 0,60$$

3. DENEY HACMİ (EXPERIMENT VOLUME)

2. Bölüm'de tanımlanan modelleme göstergelerini birbirleri ile karşılaştırabilmek amacıyla, Yıldız Teknik Üniversitesi'nde gerçekleştirilmiş olan gölge ile ilgili bir araştırma projesi kapsamında tasarlanan bir deney hacminden yararlanılmıştır. İki kişilik bir büro olarak tasarlanmış olan söz konusu deney hacminde ilgili proje kapsamında oluşturulmuş olan 56 adet aydınlatma senaryosu arasından seçilen ve çalışma masası üzerinde 500 lx aydınlık oluşturulmuş olan 14 senaryo ele alınmıştır. Deney hacmi ve seçilen aydınlatma senaryoları DIALux Aydınlatma Programı aracılığı ile modellenmiştir [9, 10]. Modellenen hacimde, masa başında oturan bir kişinin göz seviyesindeki (1,20 m) bir nokta için modelleme göstergeleri hesaplanmıştır. Şekil 2'de deney hacminde yer alan aydınlatma aygıtlarının konumu ve bu aygıtlara 1-16 arasında verilen numaralar görülmektedir. Tablo 1'de deney hacminde kullanılan aydınlatma aygıtlarının ve bu aygıtlar içinde bulunan lambaların özellikleri yer almaktadır.














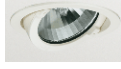
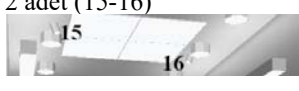

4. MODELLEME GÖSTERGELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (COMPARISON OF MODELLING INDICATORS)

Bu çalışma kapsamında ele alınan dört modelleme göstergesi uyarınca deney hacmindeki 14 senaryo için yapılan hesaplama sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. Söz



Şekil 2. Modellenen deney hacmi ve hesaplamaların yapıldığı nokta (simulated mock-up room and the reference point for calculations)

Tablo 1. Deney hacminde kullanılan aydınlatma aygıtlarının ve bu aygıtlar içinde kullanılan lambaların özellikleri
(features of luminaires and lamps used in the mock-up room)

Aygıt tipi	Aygıt sayısı (aygıt no) ve konumu	Lamba türü	Aydınlatma biçimi
 TPS 466 11,6cm×116,1cm	4 adet (1-2-3-4) 	Üç adet 54 W doğrusal flüoresan lamba	 Dolaysız Aydınlatma  Yarı dolaysız  Dolaysız-Dolaylı  Yarı Dolaylı  Dolaylı Aydınlatma
 TBS 770 59,7cm x 59,7cm	4 adet (11-12-13-14) 	Altı adet 24 W doğrusal flüoresan lamba	 Dolaysız Aydınlatma
 FBH 146 Ø 14,5cm	6 adet (5-6-7-8-9-10) 	İki adet 26 W kompakt flüoresan lamba	 Dolaysız Aydınlatma
 MBS 244 Ø 7cm	2 adet (15-16) 	Bir adet 35 W metal halide lamba	 Dolaysız Aydınlatma

konusu tablonun ikinci kolonunda aydınlatma senaryolarının özellikleri; kullanılan aydınlatma aygıtlarının Şekil 2’de gösterilen numaraları ve uygulanan aydınlatma biçimi belirtilmiştir. Ele alınan dört gösterge için önerilen sınır değerlere tablonun ilk satırında yer verilmiş, hesaplama sonuçlarının önerilen sınırlar içinde kalanları tabloda koyulaştırılarak gösterilmiştir. Tablo 2’de

yer alan modelleme göstergesi hesaplama sonuçlarının karşılaştırması ve değerlendirmesi aşağıdaki gibi yapılabilir:

- Aydınlatma biçimi dolaysızdan yarı dolaylıya doğru değiştikçe (Senaryo 1-4 ve Senaryo 5-8), bir başka deyişle, hacim içindeki yansımış ışık niceliği artarak

Tablo 2. Hesaplanan modelleme göstergeleri (Calculated modelling indicators)

Aydınlatma senaryosu	$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	\bar{E}/E_s				Bean		E_z/E_h CEN EN 12464-1 (0,3-0,6)
		Moon- Spencer (2,0-6,0)	Cuttle (1,4- 2,0)	Ficher (1,5- 2,0)	Boyce vd, (1,0- 3,0)	VMI (1,0-2,0)	HMI (1,0-1,5)	
1 1+3 dolaysız	1,78	1,28	1,28	1,28	0,40	1,60	0,69	
2 1+3 yarı dolaysız	2,65	1,37	1,37	1,37	0,77	1,46	0,56	
3 1+3 dolaysız-dolaylı	3,05	1,41	1,41	1,41	0,91	1,39	0,53	
4 1+3 yarı dolaylı	3,31	1,44	1,44	1,44	1,00	1,36	0,51	
5 1+2+3+4 dolaysız	1,92	0,91	0,91	0,91	0,60	1,24	0,65	
6 1+2+3+4 yarı dolaysız	2,70	1,15	1,15	1,15	0,98	1,18	0,54	
7 1+2+3+4 dolaysız-dolaylı	3,10	1,24	1,24	1,24	1,12	1,16	0,52	
8 1+2+3+4 yarı dolaylı	3,39	1,30	1,30	1,30	1,21	1,16	0,51	
9 11+13 kare	5,08	2,48	2,48	2,48	1,21	2,22	0,30	
10 11+12+13+14 kare	5,06	2,39	2,39	2,39	1,21	2,24	0,30	
11 15+16+dolaylı	3,46	2,09	2,09	2,09	1,01	1,79	0,39	
12 6+9 kompakt	4,32	2,00	2,00	2,00	0,98	1,96	0,40	
13 5+6+9+10 kompakt	4,77	2,05	2,05	2,05	1,53	1,43	0,36	
14 5+6+7+8+9+10 kompakt	4,94	1,84	1,84	1,84	1,88	1,23	0,34	

gölgeler aydınlandıkça, $E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$, \bar{E}/E_s , VMI ve HMI modelleme göstergesi değerleri artmakta, E_z/E_h oranı ise azalmaktadır.

- Doğrusal flüoresan lamba ile dolaysız aydınlatmanın yapıldığı 1 ve 5 numaralı iki senaryodan; Senaryo 1, \bar{E}/E_s göstergesi bakımından Boyce vd.'nin önerdiği sınırlar içinde kalmakta, diğer göstergeler bakımından olumsuz bulunmaktadır. Senaryo 5, HMI göstergesi bakımından olumlu, diğerleri bakımından olumsuz olarak nitelendirilmektedir.
- 2 adet doğrusal flüoresan lambadan oluşan 2-4 numaralı senaryolar, genel olarak $E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$, \bar{E}/E_s (Cuttle, Boyce vd.), HMI ve E_z/E_h göstergesine göre olumlu bulunmuştur.
- Aygıt sayısının Senaryo 2-4'e göre daha fazla olduğu 6-8 numaralı senaryolar, \bar{E}/E_s (Cuttle ve Ficher) göstergesine göre kabul edilebilir sınırlar dışında; diğer göstergeler bakımından kabul edilebilir sınırlar içinde kalmıştır.
- Doğrusal flüoresan lambalı kare aygıtlardan oluşan Senaryo 9 ve 10, $E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$, \bar{E}/E_s (Boyce vd.), VMI ve E_z/E_h göstergeleri bakımından uygun bulunmuş, diğer göstergeler bakımından kabul edilebilir sınırlar dışında kalmıştır.
- Metal halide lambalı küçük boyutlu aygıtlar ve dolaylı aydınlatma ile desteklenerek oluşturulmuş olan Senaryo

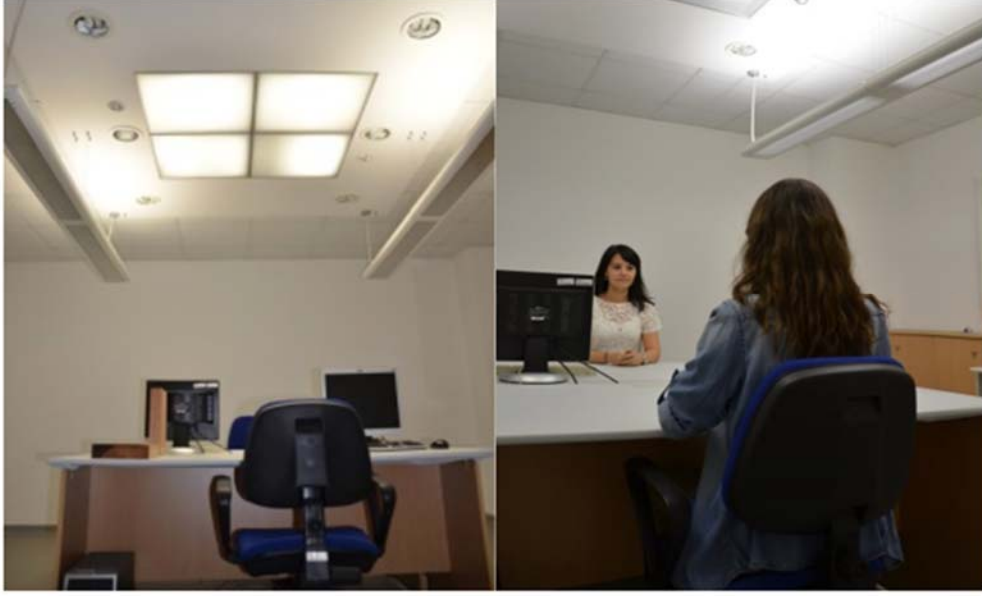
11, \bar{E}/E_s (Cuttle, Ficher) ve HMI göstergesi bakımından olumsuz; $E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$, \bar{E}/E_s (Boyce vd.) ve E_z/E_h göstergelerine göre olumlu bulunmuştur.

- Kompakt flüoresan lamba ile oluşturulan 12, 13 ve 14 numaralı senaryolar, genellikle olumlu bulunmuş olup, özellikle 6 adet kompakt flüoresan lambalı aygıttan oluşan Senaryo 14, bütün modelleme göstergeleri bakımından olumlu olarak nitelendirilmiştir.
- $E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$ göstergesine göre, en uygun olarak önerilen 3 değeri, Senaryo 2, 3, 4, 6, 7 ve 8 ile sağlanmaktadır. Yani, söz konusu değer, doğrusal flüoresan lambalı yarı dolaysız, dolaysız-dolaylı ve yarı dolaylı aydınlatma koşulları ile sağlanabilmektedir.

5. MODELLEME GÖSTERGELERİNİN DENEY HACMİNDEKİ GÖRSEL İZLENİMLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

(COMPARISON OF MODELLING INDICATORS WITH VISUAL IMPRESSIONS IN THE MOCK-UP ROOM)

Gölge konusuna yönelik yapılmış araştırma projesi kapsamında, deney hacminde masa başında oturan bir kişinin yüzü, karşısındaki masada oturan denekler tarafından gölge özellikleri bakımından görsel izlenime dayalı olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3). Her aydınlatma senaryosu için öznel değerlendirmeler 20 kadın ve 12 erkek, 18-60 yaş arasındaki 32 katılımcı ile yapılmıştır. Katılımcılardan, karşılarında oturan kişinin yüzünün



Şekil 3. Deney hacminde insan yüzüne ilişkin görsel izlenimin derecelendirilmesi
(Grading of the visual impression of a human face in the mock-up room)

görünümüne ilişkin değerlendirmelerini 1-10 (1: en olumlu, 10: en olumsuz) arasındaki sayılar ile belirtmeleri istenmiştir. Yapılan çalışmada, 1-10 sayıları ile derecelenmiş olan gölge ile ilgili genel izlenimin 4 ve 4'ten küçük olduğu koşullarda olumlu bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yüz görünürlüğüne yönelik izlenim ile gölgenin genel izlenim derecelerinin birbirine yakın olduğu saptanmıştır [9, 10]. Bu bölümde, 3. Bölüm'de hesaplanmış olan modelleme göstergeleri, deney hacmindeki öznel derecelendirmeler ile karşılaştırılmıştır. Tablo 3a, 3b, 3c'de, ele alınmış her bir senaryo için deneklerin insan yüzüne ilişkin görsel izlenim derecelendirmeleri, yüzün görüntüsü ve hesaplanan modelleme göstergeleri verilmiştir. Tabloların 3. kolonunda her aydınlatma senaryosu için, çalışma masasındaki gölgelerin görünümüne ilişkin genel izlenim ile insan yüzündeki gölgelerin görünümüne ilişkin genel izlenim dereceleri alt alta verilmiştir. Söz konusu tablolarla, denekler tarafından gölge ile ilgili genel izlenimin olumlu bulunduğu ve modelleme göstergeleri bakımından olumlu kabul edilen senaryolar gri ile koyulaştırılarak gösterilmiştir.






Tablo 3'te yer alan görsel izlenim derecelendirmeleri ile modelleme göstergesi hesaplama sonuçları aşağıda karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir:

- Denekler tarafından olumsuz olarak nitelendirilen iki doğrusal flüoresan lambalı dolaysız aydınlatmadan oluşan Senaryo 1, yalnızca \bar{E}/E_s (Boyce vd.) göstergesi bakımından olumlu bulunmuştur.
- Denekler tarafından olumlu bulunan, iki adet flüoresan lambalı yarı dolaysız, dolaysız-dolaylı ve yarı dolaylı aydınlatmadan oluşan Senaryo 2-4, genel olarak modelleme göstergeleri bakımından olumlu bulunmuştur. Özellikle, yarı dolaylı aydınlatmadan oluşan Senaryo 4,






bütün modelleme göstergeleri bakımından kabul edilebilir sınırlar içinde kalmıştır.

- Denekler tarafından olumsuz bulunan dört adet flüoresan lambalı dolaysız aydınlatmadan oluşan Senaryo 5, yalnızca HMI göstergesi bakımından olumludur.
- Dört adet flüoresan lambalı yarı dolaysız, dolaysız-dolaylı, yarı dolaylı senaryolar (Senaryo 6-8), hem denekler tarafından hem de modelleme göstergeleri (\bar{E}/E_s bakımından Boyce vd.'nin önerdiği sınırlar içinde, Cuttle ve Ficher'in önerdiği sınırların dışında) bakımından olumlu bulunmuştur.
- Denekler tarafından olumlu olarak nitelendirilen kare aygıtlardan oluşan Senaryo 9-10 bir tek HMI göstergesi bakımından olumsuzdur (\bar{E}/E_s bakımından Boyce vd.'nin önerdiği sınırlar içinde, Cuttle ve Ficher'in önerdiği sınırların dışında).
- Denekler tarafından olumsuz bulunan metal halide lambalı dolaysız aydınlatma ve doğrusal flüoresan lambalı dolaylı aydınlatmadan oluşan Senaryo 11, HMI dışındaki öteki modelleme göstergeleri bakımından olumlu bulunmuştur (\bar{E}/E_s bakımından Boyce vd.'nin önerdiği sınırlar içinde, Cuttle ve Ficher'in önerdiği sınırların dışında).
- Denekler tarafından olumsuz olarak nitelendirilen kompakt flüoresan lambalı senaryolar (Senaryo 12-14) genel olarak, bütün modelleme göstergeleri bakımından olumlu bulunmuştur. Özellikle, aygıt sayısının daha çok olduğu Senaryo 13 ve 14 bütün modelleme göstergeleri açısından olumlu sınırlar içindedir. Denekler tarafından olumsuz olarak nitelendirilen küçük boyutlu kompakt flüoresan lambalı aygıtların oluşturduğu sert gölgelerin aygıt sayısının artmasına bağlı olarak aydınlanması, modelleme göstergeleri bakımından olumlu sonuç vermiştir.





Tablo 3. a) Deney hacmindeki görsel izlenimler ve hesaplanan modelleme göstergeleri
(Visual impressions in the mock-up room and the calculated modelling indicators)

Aydınlatma senaryosu	Görsel izlenim	Yüz görünümü	Modelleme göstergeleri	
	$\frac{\text{Masa}}{\text{Yüz}}$			
1	1+3 dolaysız		$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	1,78
			\bar{E} / E_s	1,28
			VMI	0,40
			HMI	1,60
			E_z/E_h	0,69
2	1+3 yarı dolaysız		$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	2,65
			\bar{E} / E_s	1,37
			VMI	0,77
			HMI	1,46
			E_z/E_h	0,56
3	1+3 dolaysız-dolaylı		$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	3,05
			\bar{E} / E_s	1,41
			VMI	0,91
			HMI	1,39
			E_z/E_h	0,53
4	1+3 yarı dolaylı		$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	3,31
			\bar{E} / E_s	1,44
			VMI	1,00
			HMI	1,36
			E_z/E_h	0,51
5	1+2+3+4 dolaysız		$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	1,92
			\bar{E} / E_s	0,91
			VMI	0,60
			HMI	1,24
			E_z/E_h	0,65

Tablo 3. b) Deney hacmindeki görsel izlenimler ve hesaplanan modelleme göstergeleri
(Visual impressions in the mock-up room and the calculated modelling indicators)

Aydınlatma senaryosu	Görsel izlenim	Yüz görünümü	Modelleme göstergeleri	
	Masa Yüz			
6	1+2+3+4 yarı dolaysız		$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	2,70
			\bar{E} / E_s	1,15
			VMI	0,98
			HMI	1,18
	2,3		E_z/E_h	0,54
7	1+2+3+4 dolaysız- dolaylı		$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	3,10
			\bar{E} / E_s	1,24
			VMI	1,12
			HMI	1,16
	2,1		E_z/E_h	0,52
8	1+2+3+4 yarı dolaylı		$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	3,39
			\bar{E} / E_s	1,30
			VMI	1,21
			HMI	1,16
	2,1		E_z/E_h	0,51
9	11+13 kare		$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	5,08
			\bar{E} / E_s	2,48
			VMI	1,21
			HMI	2,22
	3,5		E_z/E_h	0,30
10	11+12+13+14 kare		$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	5,06
			\bar{E} / E_s	2,39
			VMI	1,21
			HMI	2,24
	2,7		E_z/E_h	0,30
	4,1		E_z/E_h	0,30

Tablo 3. c) Deney hacmindeki görsel izlenimler ve hesaplanan modelleme göstergeleri
(Visual impressions in the mock-up room and the calculated modelling indicators)

Aydınlatma senaryosu	Görsel izlenim		Yüz görünümü	Modelleme göstergeleri	
	Masa	Yüz			
11 15+16+ dolaylı (1+2+3+4)	5,0			$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	3,46
				\bar{E}/E_s	2,09
	4,1			VMI	1,01
				HMI	1,79
12 6+9 kompakt	5,9			$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	4,32
				\bar{E}/E_s	2,00
	4,4			VMI	0,98
				HMI	1,96
13 5+6+9+10 kompakt	6,8			$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	4,77
				\bar{E}/E_s	2,05
	5,0			VMI	1,53
				HMI	1,43
14 5+6+7+8+9+10 kompakt	6,9			$E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$	4,94
				\bar{E}/E_s	1,84
	5,4			VMI	1,88
				HMI	1,23
				E_z/E_h	0,34

6. SEMBOLLER (SYMBOLS)

- \bar{E}/E_s : Vektörel aydınlığın küresel aydınlığa oranı
- $E_h \text{ üst}/E_h \text{ alt}$: Üst yatay aydınlığın alt yatay aydınlığa oranı
- VMI : Üst ve alt yatay aydınlık düzeyleri farkının maksimum düşey aydınlık düzeyine oranı
- HMI : Maksimum düşey aydınlık düzeyinin silindrisel aydınlık düzeyine oranı

 E_z/E_h

: Silindrisel aydınlığın yatay aydınlığa oranı

7. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bir hacim içinde bulunan gölgeler, zengin görüntülerin oluşmasına yol açabileceği gibi, koşullara göre görsel algılamamın yorucu ve yanıltıcı olmasına da neden olabilir. Nesne yüzeyindeki gölgeler, nesnelerin üç boyutsal ve dokusal özelliklerinin doğru ve rahat algılanmasında; insan yüzündeki gölgeler, karşılıklı iletişimde insan yüzünün

eksiksiz ve doğru görünmesinde büyük önem taşır. Nesne yüzündeki ve insan yüzündeki gölgelerin açık ya da koyu renkli algılanması, daha açık bir deyişle gölgelerin yansımış ışıkla ne ölçüde aydınlandığı, aydınlatma literatüründe modelleme terimi ile tanımlanmaktadır.

Bu çalışmada, literatürde yer alan ve metrik sınırları olan dört modelleme göstergesi tanımlanmıştır. Bir deney hacminde oluşturulan on dört farklı aydınlatma senaryosu için, hacim içinde ele alınan bir noktadaki dört farklı modelleme göstergesi hesaplanmıştır. Modelleme göstergeleri kendi aralarında karşılaştırıldığında, ele alınan on dört farklı aydınlatma senaryosu için birbirleri ile örtüşmeyen sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Aynı aydınlatma senaryoları için, gölge ile ilgili bir çalışma kapsamında insan yüzünün görsel değerlendirilmesine yönelik elde edilmiş derecelendirmeler ile hesaplanan modelleme göstergeleri karşılaştırılmıştır. Böylece, deneklerin görsel izlenimlerinin olumlu ya da olumsuz olduğu senaryolarda modelleme göstergeleri bakımından elde edilen sonuçların da önerilen sınır değerler içinde kalıp kalmadığı saptanmıştır. Deneklerin olumlu olarak nitelendirildiği senaryolar için kimi modelleme göstergelerine göre olumsuz nitelendirilmesi yapılmış; denekler tarafından olumsuz bulunan senaryoların ise tüm modelleme göstergeleri açısından olumlu olduğu belirlenmiştir. Özellikle, aygıt boyutunun küçük olmasından dolayı sert gölgeler oluşturan altı adet kompakt flüoresan lambalı senaryonun denekler tarafından doğal olarak olumsuz nitelendirilmesine karşın, modelleme göstergeleri uyarınca olumlu bulunması şaşırtıcıdır. Birbiri ile çelişkili olan derecelendirmelerin elde edilmesi, fazla aygıt sayısının gölgeleri aydınlatarak açık renkli görünmesini sağlaması ile açıklanabilir.

Yapılan bu çalışma ile literatürde önerilen modelleme göstergeleri ile elde edilen sonuçların gerek birbirleri ile gerekse deney hacminde elde edilmiş olan denek izlenimleri ile büyük bir uyum içinde olmadığı saptanmıştır. Modelleme göstergeleri bakımından önerilen sınırlar içinde kalınması için gölgenin açık renkli algılanması, yani yeterince aydınlanmış olması yeterli olmuştur. Ancak, nesne yüzündeki gölgelerin bir

aydınlatma tasarımı ölçütü olarak göz önüne alınabilmesi için, yalnızca açıklık-koyuluk değil, sertlik-yumuşaklık özellikleri bakımından da değerlendirilmesi; bunun yanı sıra gölgenin çok sayıda ya da büyük boyutlu olması gibi durumların da dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışma ile ulaşılan sonuçlar, modelleme konusunda daha fazla araştırma yapılmasına, nesne yüzündeki gölgenin her iki özelliğini birden dikkate alan yaklaşımların geliştirilmesine ihtiyaç olduğunu göstermiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. European Commission for Standardisation (CEN), EN 12464-1:2011, Light and Lighting-Lighting of Work Places - Part 1: Indoor Work Places, Brussels: CEN, 2011.
2. Moon P, Spencer D. Modeling with light, Journal of the Franklin Institute, 251, 453-466, 1951.
3. Lynes, J. A., Burt, W., Jackson, G.K., Cuttle, C., The Flow of Light into Buildings, Trans. Illum. Eng. Soc., Londra, 31-3, 65-92, 1966.
4. CIE 213, Guide to Protocols for Describing Lighting, 2014.
5. Cuttle C., Lighting patterns and the flow of light, Lighting Research and Technology, 3, 171-189, 1971.
6. Fischer D., The European approach to the integration of lighting and air conditioning, Lighting Research and Technology, 2, 150-159, 1970.
7. Boyce PR, Miller NJ, Wilwol K. Lighting for good facial modelling, 1999, (son erişim tarihi 2014) <http://www.lrc.rpi.edu/resources/pdf/68-1999.pdf>.
8. Bean, A.R., Modelling Indicators for combined side and overhead lighting systems, Lighting Research and Technology, 10, 199-203. 1978.
9. Dokuzer Öztürk, L., Aydın Yağmur, Ş., Lamba Işığı İle Aydınlatmada Gölge Niteliğinin Belirlenmesi ve Tasarım Kriteri Olarak Değerlendirilmesi İçin Bir Yaklaşım, YTU, BAPK, Proje no: 2011-03-01-DOP01, İstanbul, 2012.
10. Aydın Yağmur, Ş., Dokuzer Öztürk, L., Determination of the Harshness-Softness Attribute of Shadows, Lighting Research & Technology, 47 (8), 993-1009, 2015.

