

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLGİSAYAR TEKNOLOJİLERİNİN MİMARİDE
AYDINLATMA TASARIMINA ETKİLERİ**

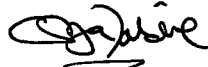


Mimar Tuğba AĞCABAY

106330

106330

**F.B.E Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

prof. dr. Oya Pakdil 
Doç. Dr. S. Aydınlı 
Prof. Dr. Necati İnceoğlu 

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Oya PAKDİL

İSTANBUL, 2001

**T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| KISALTMA LİSTESİ..... | iv |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | v |
| ÇİZELGE LİSTESİ..... | vi |
| ÖNSÖZ..... | vii |
| ÖZET..... | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1 Araştırmanın Amacı..... | 2 |
| 1.2 Araştırmanın Kapsamı..... | 2 |
| 1.3 Araştırmanın Yöntemi..... | 2 |
| 2. MİMARİDE AYDINLATMA..... | 4 |
| 2.1 Mimaride Aydınlatma Tasarımının Yeri..... | 6 |
| 2.2 Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Geleneksel Yöntem ve Araçlar..... | 9 |
| 3. BİLGİSAYAR TEKNOLOJİLERİNİN MİMARİDE AYDINLATMA TASARIMINA ENTEGRASYONU..... | 14 |
| 3.1 Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Bilgisayar Teknolojilerine Genel Bakış..... | 15 |
| 3.2 Aydınlatma Programlarında Görsel Gerçeklik:“Işığın Gerçekçi Modellenmesi”..... | 20 |
| 3.2.1 Modelleme Programlarının Gelişim Süreci ve Genel Algoritmik Yapısı..... | 22 |
| 3.2.2 İleri Düzey Işık Modelleme Yöntemleri..... | 26 |
| 3.3 Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Yazılımların İncelenmesi ve Karşılaştırılması..... | 36 |
| 4. AYDINLATMA SEKTÖRÜNDE BİLGİSAYAR TEKNOLOJİLERİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ: “TÜRKİYE ÖRNEĞİ İÇİN BİR DEĞERLENDİRME”..... | 52 |
| 4.1 Alan çalışmasının amacı..... | 53 |
| 4.2 Alan çalışmasının yöntemi..... | 54 |
| 4.3 Alan çalışmasının kapsamı..... | 54 |
| 4.4 Alan çalışmasının sonuçlarının değerlendirilmesi..... | 54 |
| 5. SONUÇLAR..... | 60 |
| KAYNAKLAR..... | 63 |

| | |
|---|-----------|
| EKLER | 66 |
| Ek 1 Alan Çalışması için Hazırlanan Soru Formu | 67 |
| Ek 2 Lightscape programında hazırlanan mimari mekan simulasyonları | 70 |
| Ek 3 Radiance programında hazırlanan mimari mekan simulasyonları..... | 74 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 76 |



KISALTMALAR LISTESİ

| | |
|-------------|--|
| CIE | Commission Internationale de L'éclairage |
| IES | The Illuminating Engineering Society |
| IALD | The International Association of Lighting Designers |
| MIT | Massachusetts Institute of Technology |
| NSF | National Science Foundation |
| PCG | Program of Computer Graphics |



ŞEKİL LİSTESİ

| | | |
|-------------|---|----|
| Şekil 2.1 | Günüşiğının mimariyi biçimlendirilişi(Lechner,1991)..... | 4 |
| Şekil 2.2 | 19.yy.'ın ikinci yarısına dek aydınlatmada kullanılan, farklı yanıcı maddelerle çalıştırılan lambalar(Ganslandt ve Hofmann,1992)..... | 5 |
| Şekil 2.3 | İtalya Siena'daki Campo Meydanında gün içindeki gölge hareketlerini gösteren eskiz (Millet,1996)..... | 10 |
| Şekil 2.4 | A.Aalto'nun Viipuri Belediye Kütüphanesinde günüşiği ve yapay ışık dağılımının analizi için yaptığı eskizler(Millet,1996)..... | 11 |
| Şekil 2.5 | Bir tiyatrunun oditoryumu için geliştirilen aydınlatma konseptinin grafik sunumu(Ganslandt ve Hofmann,1992)..... | 11 |
| Şekil 2.6 | Aydınlatma firmaları tarafından 80'li yılların sonlarında müşteri sunumları için hazırlanan çizimler(Steffy,1990)..... | 12 |
| Şekil 3.1 | Kent Larson'ın 'Louis I. Kahn: Unbuilt Masterworks' çalışmasından 'Jerusalem Hurva Sinagogu' görselleri(Guerra ve Ojeda,1996)..... | 19 |
| Şekil 3.2 | Lightscape programının foto-gerçeklik iddiasını ortaya koyduğu karşılaştırma resimleri(1)..... | 21 |
| Şekil 3.3 | Lokal aydınlatma algoritmaları ile işlenmiş model(2)..... | 23 |
| Şekil 3.4 | Global aydınlatma algoritmaları ile işlenen model(2)..... | 24 |
| Şekil 3.5 | Global aydınlatma algoritmalarında dikkate alınan ışık hareketleri (3)..... | 24 |
| Şekil 3.6 | Işın izleme (ray-tracing) yönteminin grafiksel anlatımı (3)..... | 27 |
| Şekil 3.7 | 1989'da PCG'de ray tracing yöntemiyle görselleştirilen 'Stair Tower, Rhodes Hall'(4)..... | 29 |
| Şekil 3.8 | 'Cornell Box': Greenberg tarafından radiosity tekniği ile oluşturulan ilk görüntü(1984) (4)..... | 30 |
| Şekil 3.9 | Yayınım (radiosity) tekniğinin grafiksel anlatımı (3)..... | 30 |
| Şekil 3.10 | 1993'te PCG'de radiosity tekniğiyle işlenen 'Green Room' çalışması(4). 31 | 31 |
| Şekil 3.11 | Yayınım (radiosity) tekniği yüzeyleri alt yüzey parçalarına bölmektedir(2) ... | 32 |
| Şekil 3.12 | 1987'de yapılan 'Steel Factory' çalışması PCG'nin ilk komplike radiosity görseliydi(4)..... | 35 |
| Şekil 3.13 | Dialux programıyla yapılan basit düzey grafik görselleştirme(lamp83,2001). 37 | 37 |
| Şekil 3.14 | İleri düzey görselleştirme algoritmalarıyla çalışan lightscape programının işlem dizisine bir örnek(2)..... | 38 |
| Şekil 3.15a | Lightscape programı arayüzünde ilk 4 işlem sıralaması(3)..... | 40 |
| Şekil 3.15b | Lightscape programı arayüzünde ikinci 4 işlem sıralaması(3)..... | 41 |
| Şekil 3.16 | Radiance görselleştirme teknikleri(5)..... | 43 |
| Şekil 3.17 | Siview programı görselleri ile fotoğraf karşılaştırması(6)..... | 45 |
| Şekil 3.18 | Lightscape sisteminde global aydınlatma modelinin ışık dağılım şeması (Khodulev ve Kopylov,1996)..... | 49 |
| Şekil 4.1 | Aydınlatma firmalarında bilgisayar programlarının kullanım amaçları..... | 55 |
| Şekil 4.2 | Görselleştirme amaçlı kullanılan programların niteliği ve kullanım oranı..... | 55 |
| Şekil 4.3 | İleri düzey gerçekçi görselleştirme programlarının kullanım sebepleri..... | 56 |
| Şekil 4.4 | Aydınlatma firmalarında tasarım ve proje hizmetlerini yürüten kişilerin meslekleri..... | 56 |
| Şekil 4.5 | İleri düzey gerçekçi görselleştirme programlarının kullanım sıklığını belirleyen etkenler..... | 57 |
| Şekil 5.1 | 'Erco' aydınlatma firması tarafından ışığın analizi için öngörülen sanal gerçeklik laboratuvarının simülasyonu(2)..... | 62 |

ÇİZELGE LİSTESİ

| | | |
|-------------|--|----|
| Çizelge 3.1 | Radiosity-Raytracing Yöntemleri Karşılaştırma Tablosu | 33 |
| Çizelge 3.2 | Karşılaştırılan grafik sistemlerin kullandığı ışık yayılım denklemleri | 46 |



ÖNSÖZ

Mekanı ışıkla birlikte okuyabilmek ve onu ışıkla biçimlendirebilmek, çoğu mimar için geç kazanılmış veya hiç kazanılmamış bir ayrıcalık...Bilgisayar ortamı ise, mimarın tasarım anlayışını, geleneksel ile mümkün olmayana koşullandıran bir tasarım atölyesi. Üç boyutlu modelleme olanaklarıyla bilgisayar destekli tasarım araçlarının, mimarın belleğinde tasarımın ışıkla olan ilişkisini yeniden sorgulatan gücü, ışığın niceliği ve niteliğiyle mimariye yön veren en önemli ilkelerden biri olduğunu ısrarla yineliyor. Burada, mimarın araçtan ne beklediğinden daha anlamlı olan, aracın gerçeğe yakın kurgusuyla mimara neler vadettiğidir. Genel tasarım süreci içinde aydınlatma tasarımı ile ilgili bir problem alanının, bilgisayar destekli tasarımın yönlendirici etkisi altında nasıl biçimlendiği ve biçimleneceğini sormakla başlayan araştırmam, bu tezin kapsamını belirledi. Problem alanı farklı disiplinlerle belirlenmiş bir araştırmanın olgunlaşma sürecinde yaşadığım kaygılardan kurtulmamı, araştırma eksikliği olan bir konuda hedeflerimi şaşırmadan ilerleyebilmemi sağlayan sevgili tez danışmanım Prof. Dr. Oya Pakdil'e çok teşekkür ederim.



ÖZET

Gelişen bilgisayar teknolojileri, mimaride tasarım sürecini yeniden şekillendirip, sürece yeni girdiler sağlamakla kalmamış, ayrı birer uzmanlık dalı olarak gelişen, mimari tasarımın alt süreçlerine de yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Mimari projenin başından sonuna dek diğer bütün tasarım kriterlerini etkileyen ve yönlendiren ana kriterlerden biri olan aydınlatma tasarımı da, mimari tasarım sürecinin bir alt sürecidir. Ancak mimariyi etkileyen günışığının ya da yapay ışığın tasarım sürecinde sorgulanması, analiz edilmesi ve yapısal kararlara bu doğrultuda yön verilmesi, genel mimarlık pratiğinde ihmal edilen konulardandır. Bu tezin amacı; genel tasarım süreci içinde, temel tasarım kriteri olarak yeterince ele alınamayan aydınlatma tasarımı konusunun, günümüzün bilgisayar teknolojilerinin sağladığı araçlarla ne şekilde biçimlendiğini irdelemektir. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle mimaride aydınlatma konusu ele alınmış, nicelik ve nitelik olarak hangi kriterlerle değerlendirildiği ve bir aydınlatma probleminde bu kriterlerin geleneksel tasarım sürecinde nasıl sorgulandığı incelenmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, bilgisayar destekli aydınlatma tasarım sistemleri, kullandıkları görselleştirme tekniklerinin algoritmik yapısı, sektördeki kullanım alanları ve aydınlatma parametrelerini değerlendirilme biçimleri açısından incelenmiştir. Bu yazılımların genel tasarım sürecine ve aydınlatma tasarımı sürecine etkileri, Türkiye örneği için yapılan alan çalışmasında tartışılmıştır. Yapılan alan çalışmasıyla, varsayımların sınanmasının yanında, yeni oluşumların varlığı da araştırılmıştır. Bu bağlamda, aydınlatma tasarımı süreciyle ilgili aksaklıkların, büyük oranda, mimarın ve aydınlatma tasarımcısının aldığı aydınlatma eğitiminin yetersizliğinden kaynaklandığı saptanmıştır. Mimarlık lisans eğitimi sürecinde verilen aydınlatma tasarımı eğitiminin eksiklikleri, doğal olarak mimarlık pratiğine yansımaktadır. Yapılan araştırmalarla varılan genel sonuç, bilgisayar destekli aydınlatma tasarım araçlarının, mimari uygulama alanlarına önemli faydalar sağladığıdır. Bilgisayar destekli aydınlatma tasarım araçları, sundukları özelleşmiş altyapı ve görsel gerçeklikle, ışığın davranışlarının nitelik ve nicelik olarak önceden sorgulatarak, genel tasarım sürecine, sürecin başından itibaren girdi sağlayabilmektedir. Ancak bu sistemlerin, mimarlık mesleğinde yaygın olarak kullanılabilmesi için, sistemlerin donanım ve zaman problemlerini aşması, daha pratik kullanım imkanları sağlaması gerektiği görülmüştür. Gelişim ivmesi çok yüksek olan bilişim teknolojilerinin, yakın gelecekte bu tür programları hızla mimari tasarım sürecinde rutin olarak kullanılan programlara dönüştürebilecek iyileştirmeleri yapması kaçınılmazdır.

Anahtar kelimeler: Aydınlatma, yayılım ve ışın izleme, bilgisayar destekli tasarım, simulasyon, yazılım.

ABSTRACT

Newly developing computer technologies not only reordered the architectural design process and provided new data entries, but also created new concepts for the subprocess of architectural design. From the beginning till the end of architectural project, the lighting design, which is one of the main design criterias, is also one of the subprocess of architectural design process. But analyzing and examining the daylight or the artificial light which affects architecture at the process of design and the constructural decisions that have to be given according to these are often neglected subjects of architectural practice. The aim of this thesis is; to consider new formations of the lightining design subject, which could not be handled properly as main design criteria in the architectural design process, with the tools developed by new computer technologies. In the direction of this aim, firstly the lighting design handled under the subject of architecture, then according to which criterias it is being considered for quantity and quality, by then how these criterias are being held throughout the classical design process, have been examined. According to these researches, computer aided lighting design systems have been examined under topics, the algorithmic formations of visualization technics that are being used, sectoral usage platforms and the way of holding the lighting parameters. The affects of these softwares to the main design process and the lighting design process have been discussed by the area research for Turkey example. With this area research, hypothesis of this thesis tested and also new ones constructed. The analyzed research datas determined that the mishandled lighting design processes generally caused of insufficient education of architects and lighting designers. The insufficient lighting design lectured under architectural education directly affects the architectural practice. The general result of these researches figures out that: computer aided lighting design tools have useful additions to architectural practicing platforms. Computer aided lighting design tools, could enter new datas from the beginning of it with the result of examination chance of quantity and quality behaviorings of light with specialized construction and hyper-realized visualization, to the main process before the practice. But it has been determined that in order to use these systems widely for architectural purposes, the systems requirement and speed problems must be solved and can be handled easily. It has to be mentioned that with the development acceleration of IT, these systems would be more accurate and could be used routinely for the architectural design process in the near future.

Keywords: Lighting, radiosity and raytracing, computer aided design, simulation, software.

1. GİRİŞ

Gelişen mimarlık teorisi ve pratiği, mimarlığın temel süreçlerinden biri olan **mimari tasarım sürecini**, teknoloji çağının dinamizmi gereği, tekrar sorgulamakta ve şekillendirmekte, bu sürece yeni girdiler, yeni araçlar sağlamaktadır. Mesleki uzmanlaşmada atılan kişisel ya da kurumsal her adım, tasarım sürecini, profesyonellerce görev birliği yapılmış, disiplinlerarası bir organizasyon işlemine dönüştürmektedir. Mimaride aydınlatma tasarımı da, mimari tasarım sürecinin, fizik, mühendislik, mimarlık gibi farklı uzmanlık alanlarının işbirliğiyle çözüme kavuşturulan bir alt sürecidir.

Mimari tasarım süreci bütün alt süreçleriyle ele alındığında, aydınlatma tasarımı, mimari projenin başından sonuna dek diğer bütün tasarım kriterlerini etkileyen ve yönlendiren ana kriterlerden biri olarak görülmelidir. Mimariyi etkileyen günışığının ya da yapay ışığın tasarım sürecinde sorgulanması, analiz edilmesi ve yapısal kararlara bu doğrultuda yön verilmesi önemli mimari ilkelerden biridir.

Ancak mimarlık pratiğine bakıldığında; geleneksel mimari tasarım sürecinde, aydınlatma tasarımının, mimari tasarımı biçimlendiren bir kriter olarak ele alınışının yetersizliği görülmektedir. Aydınlatma tasarımı, konusunda uzmanlaşmış farklı bilim dallarının rol aldığı alt süreçler içinde ele alınmaya koşullanırken, genel tasarım süreci içinde diğer mimari tasarım kriterlerine etkisi genellikle gözardı edilmektedir.

Bunun yanında, hızla gelişen bilgisayar teknolojilerinin, yazılımların sağladığı imkanlarla, kullanıldığı tasarım süreçlerinde ışığın sorgulanabildiği ortamlar yaratabilme özelliği, aydınlatmanın bütünüyle mimariye etkisiyle önemli bir tasarım parametresi olduğu gerçeğini destekler niteliktedir. Günümüzün bilgisayar destekli aydınlatma tasarım araçları, sundukları özelleşmiş altyapı ve görsel gerçeklikle, ışığın davranışlarının nitelik ve nicelik olarak önceden sorgulanarak genel tasarım sürecine, sürecin başından itibaren girdi sağlanabileceği fikrini doğurmaktadır.

Aydınlatma konusunun sadece nicelik değil, aynı zamanda nitelik konusu olduğu gerçeği, burada tasarımcıya önemli sorumluluklar yüklemektedir. Bu bilincin geliştirilmesinde mimari eğitim süreci önem kazanmaktadır. Mimarlık eğitiminde, mimari aydınlatma tasarım süreci ile ilgili çalışmaların arttığı görülmektedir. Buna paralel olarak, aydınlatma sektörünün Türkiye örneğinde, ne tür tasarım araçlarının hangi amaçlarla kullanıldığına, tüm tasarım sürecinin neresinde ve hangi profesyonellerin bu çalışmaları yaptığına bakıldığında, ilginç bulgulara rastlanmaktadır. Bu bulgular, sözü edilen bilgisayar destekli tasarım araçlarının hedefledikleri

kullanıcı kitlesi tarafından ileride nasıl şekillendirileceğine ışık tutmakla beraber, Türkiye ölçeğinde mimari tasarımda aydınlatma tasarımının yerine ilişkin kaygı verici sonuçlar taşımaktadır.

1.1 Araştırmanın Amacı

Mimaride aydınlatma tasarımı, içerdiği alt süreçlerin karmaşıklığı ve tasarım girdilerinin yoğunluğu açısından önemli, bir o kadar da farklı problem noktaları olan bir konudur. Ancak saptanan bu problemlerin, “aydınlatma tasarımının, genel tasarım sürecine ne kadar etki ettiği ya da mimarlık ve mimarlık eğitimi ortamında tasarım girdisi olarak ne kadar kullanıldığı” sorusuyla oluşturduğu çerçeve, bu araştırmanın odak noktası değildir. Burada amaçlanan, genel tasarım süreci içinde, temel tasarım kriteri olarak yeterince ele alınamayan aydınlatma tasarımı konusunun, günümüzün bilgisayar teknolojilerinin sağladığı araçlarla ne şekilde biçimlendiğini irdelemektir. Bu bağlamda hedef, bilgisayar teknolojilerinin sunduğu araçlar sayesinde, genel tasarım sürecinde aydınlatma tasarımının yerinin yeniden sorgulanmasını sağlamaktır.

1.2 Araştırmanın Kapsamı

Araştırmanın yukarıda belirtilen amacı doğrultusunda, mimarlık ortamına bir geri besleme sağlayabileceği ön kabulünden yola çıkarak, alanda belirlenen eksiklikler ışığında, mimaride aydınlatma tasarımı, tasarım araçlarının gerekliliğini vurgulamak açısından ele alınmıştır.

Bu bağlamda, mimari tasarım süreci içinde, mimara fayda sağlayabilecek aydınlatma yazılımlarının araştırması, aydınlatmanın niceliğine ve niteliğine ilişkin sınanabilir veri sağlayabilmesi koşuluyla sınırlandırılmıştır.

Aydınlatma sektöründe yazılımların kullanım alanları, aydınlatma tasarımı ve tasarımcısının durumu, Türkiye örneği içinde araştırılmış ve değerlendirilmiştir. Bu çalışmada sektörün, mimarlık ortamına atıfta bulunmadığı düşünülen içe dönük sorunları, ticari yapılanma süreçleri, kapsam dışı bırakılmıştır.

1.3 Araştırmanın Yöntemi

Yürütülen tezin amacı olan “genel tasarım süreci içinde, temel tasarım kriteri olarak aydınlatma tasarımı konusunun, günümüzün bilgisayar teknolojilerinin sağladığı araçlarla ne şekilde biçimlendiği”ni araştırmak, irdelemek, veri toplamak ve yorumlamak

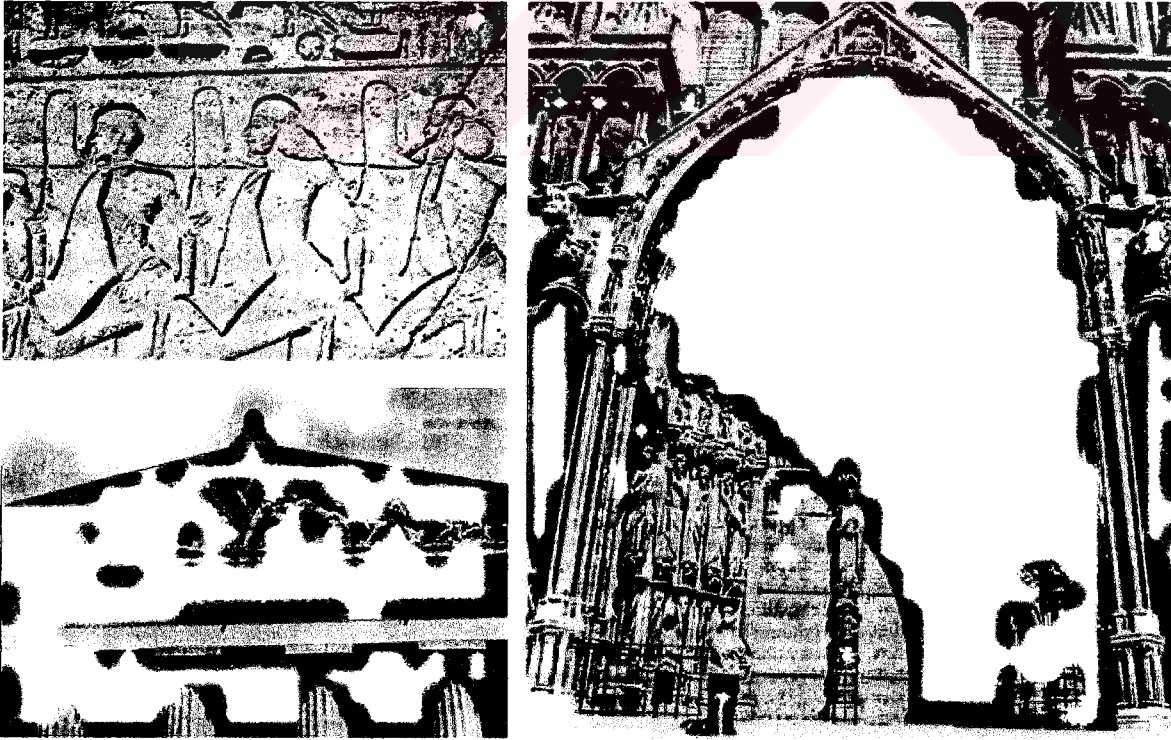
in aŖağıdaki 3 temel yöntem kullanılmıŖtır:

- Aydınlatma tasarımının baŖlı baŖına bir uzmanlık alanı olması nedeniyle; araçların ve süreçlerin yorumlanabilmesi in aydınlatmanın nicelik ve nitelik olarak doğru anlaşılması gerekliliğinden yola çıkılarak, öncelikle aydınlatma terminolojisi ve teknik içeriği literatürden incelenerek bir alt yapı oluŖturulmuŖtur.
- Literatür ve internet taramaları yapılarak, konuyla ilgili kavramlar ve uzman grŖleri incelenmiŖ, yakalanması g bir hızla kendini yenileyen bilgisayar yazılım sektörünün, eriŖtięi en güncel bilgiye ulaŖılmaya alıŖılıp, yazılımlar ve kullandıkları yöntemler araŖtırılmıŖtır.
- Bu tezde kullanılan bir diğer yöntem, alan alıŖmasıdır. Türkiye’de aydınlatma sektöründe, proje+uygulama alanında hizmet vermekte olan firmaların ne tür tasarım araçlarını, hangi amaçlarla kullandığına, tüm tasarım sürecinin neresinde ve hangi profesyonellerin uzmanlığında hizmet vermekte olduklarını saptamayı amaçlayan anket, tespit ve gözlem yapılmıŖtır.

2. MİMARİDE AYDINLATMA

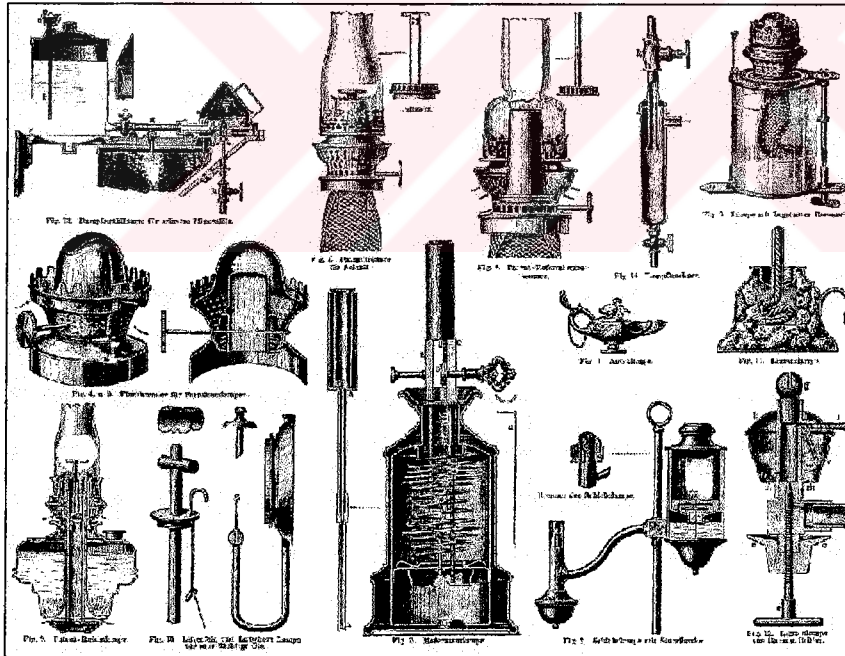
Uygarlık tarihi süresince evrensel, kültürel ya da kişisel boyutta farklı şekillerde anlamlandırılan ışık kavramı, mimari mekanlarda kimi zaman sadece görme ihtiyacına karşılık gelen bir gereklilik olarak görülmüş, kimi zaman da fizyolojik ya da biyolojik anlamından sıyrılıp, dinsel, metafiziksel, psikolojik anlamlara bürünmüştür. Farklı yapıtlarda farklı ışık anlamları ön plana çıkarılarak, yeni mimari anlamlar sorgulanmıştır.

Mimarlık tarihinde, mimarın ışık-mekan ilişkisini sorguladığı ilk kaynak günışığı olmuştur. Mimarlığın, elektrikli aydınlatma teknolojisiyle henüz tanışmadığı yıllar, mimarın olduğu gibi kabul edip, formu ona uydurduğu günışığının, yapılara şekil verdiği, onlara şiirsellik kazandırdığı yıllardı. Mısırlıların, negatif yüzey rölyefleriyle Mısır'ın kuvvetli ışığını nasıl kullanacaklarını keşfedişleri, Yunanlıların daha az parlak ışığı, detaylı rölyef heykelleriyle kullanışları ya da gotik katedrallerde, Kuzey Avrupa'nın bulutlu ikliminden kaynaklanan yayınlık ışığının altında, gölgelerin yumuşaklığı içinde nişlerde konumlandırılan heykeller, tasarımcının günışığıyla şekillenen ışığı anlayış biçimlerine örnektir. Bu örnekler yer değiştirdiğinde, Mısır'ın sert, koyu gölgesi altında bir gotik heykelinin kaybolacağı gibi sonuçlar çıkacağı aşikardır(Lechner,1991).(şekil 2.1)



Şekil 2.1 Günışığının mimariyi biçimlendirme(Lechner,1991)

Doğal ışık mimariye yön vermeye başlamışken, yapay ışık insan yaşamını ancak karanlıktan koruyabilen, henüz işlevselliği olmayan bir araçtı. İnsanlık tarihinin uzun bir sürecinde, gün saatleri aydınlık gerektiren aktivitelere ayrılmıştı. Bunun sebebi sadece mevcut ışık kaynaklarının ışık verimi yetersizliği değil, aynı zamanda yapay ışığın maliyetinin yüksek olmasıydı. Yüzyıllarca temel ışık kaynakları olarak yağ lambaları ve mumlar kullanılmış, yağ ve yanıcı madde ihtiyacı genel kullanımı kısıtlamıştır. Ancak 19.yy.ın ortalarında, petrolün yan ürünü olan kerosen, ışık kaynakları için yakıt olabilmıştır. Yine 19.yy.da ışık kaynağı olarak havagazı kullanılmaya başlanmıştır. Önce sadece dış mekan aydınlatma için sağlıklı görülen havagazı lambaları, daha sonra iç mekanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Gaz lambalarının nitelik ve nicelik olarak iyileştirilmesini sağlayan, 1880'lerde mineralle doyurulmuş havagazı gömleğinin(mineral-impregnated mantle) keşfine kadar, havagazı lambalarının sağladığı aydınlık niteliği, yağ lambalarının veriminden farklı değildi(şekil 2.2). Gaz lambalarının iç mekanlarda sebep olduğu yüksek ısı artışı ve hava kirliliği gibi olumsuz etkileri nedeniyle, 20.yy.'ın başlarında elektrikli aydınlatmanın hızla yaygınlaşması zor olmamıştır(Lechner,1991).



Şekil 2.2 19.yy.'ın ikinci yarısına dek aydınlatmada kullanılan, farklı yanıcı maddelerle çalıştırılan lambalar(Ganslandt ve Hofmann,1992)

İlk kez Thomas Edison tarafından ortaya konulmuş olan elektrikli aydınlatma, günümüz aydınlatma teknolojisini yönlendiren ve çeşitlendiren en önemli keşiftir. Thomas Edison, 1880'li yıllarda yalnız enkandesan lambayı icat etmemiş, aynı zamanda elektriğin pratik

kullanımını sağlayan etkin elektrik jeneratörlerini ve enerji dağıtım sistemlerini geliştirerek, gerekli altyapıyı da oluşturmuştur. Daha sonra, 1930'ların sonunda boşalmalı(deşarjlı) elektrik lambaları kategorisindeki ilk lamba türü olan floresan lamba kullanılmaya başlanmıştır(Steffy, 1990). Bunu izleyen yıllarda, yapay ışık kaynaklarının, tür, verim ve güç bakımından birbiri ardısıra büyük aşamalar göstermesi ve kısa sürede oldukça geniş bir seçim olanağına kavuşmuş olması, yeni bir dönemin başlangıcı olmuş ve bu dönemde 'aydınlatma tekniği' önemli bir kavram olarak ortaya çıkmıştır.

Başlayan yeni dönemle, mimari mekanları doğal ışıkla beraber ya da doğal ışığı tümüyle reddederek yapay ışık şekillendirmeye başlamıştır.“Yapay ışık duvarları yerle bir ediyor, uzaklıkları değiştiriyor, maddeleri toza dönüştürüyor, yansımaları çoğaltıyor, ışıklı konumları hızlandırıyor, mevsimleri değiştiriyor, geceleri yok sayıyor, yıldızları söndürüyor, gökyüzünü karartıyor, günleri uzatıyor... Mimari tasarım da yapay ışığın varlığına gitgide daha fazla koşullanıyor”(Sottsass,1998).

2.1 Mimaride Aydınlatma Tasarımının Yeri

Aydınlatma'da, formülize ve standardize edilmiş bilgiye duyulan ihtiyaç, bu konuda bir otoritenin oluşumunu gerektirmiştir. Aydınlatma konusunda uluslararası bir otoritenin oluşması 1900 yılında 'Uluslararası Fotometri Komisyonu'nun kurulmasıyla gerçekleşmiştir. Daha sonra ortaya çıkan yeni gereksinimler ile etkinlik ve uğraş alanının genişlemesiyle, bu kurum statü değişikliğiyle bugünkü 'Uluslararası Aydınlatma Komisyonu(CIE)' adını almıştır(1913) (Sirel,1996).

Aydınlatmada gelişim döneminin ilk belirtileri, aydınlatma konusunu daha ciddi ve kapsamlı bir biçimde ele alan çalışma ve yayınlar olmuştur. Işıkla ilgili konuların yanısıra, insan gözünün ışık ve renk görme bilgisine, özdek ve yüzeylerin ışığı yansıtma, geçirme ve yutma özelliklerine de geniş bir biçimde yer verilmeye ve aydınlatma konusunu göz, ışık ve nesne üçlüsü içinde ele almaya özen gösterilmeye başlanmıştır(Sirel,1996).

Önceleri, daha çok elektrik mühendisliğinin bir yan uğraş alanı gibi düşünülen aydınlatma konusu, bu gelişmelerle bu dar çerçeveden çıkmıştır. Işıma kuramlarından lamba ve aygıt üretimi teknolojisine, fotometrik ölçme ve hesap yöntemlerinden, mimarlık, şehircilik ve mühendislik konularına özgü uygulama özelliklerine uzanan geniş bir alana yayılmış ve elektrik mühendisliğine ek olarak değişik meslek ve bilim dallarının belli konularının bir amaç çevresinde toplanması ile 'aydınlatmacılık' adı altında yeni bir uzmanlık dalı

oluşmuştur.

Konuların daha uzmanca ve daha derinlemesine ele alınması ile aydınlatmada temel amacın, belli yerlerde belli aydınlık düzeyleri elde etmek olmayıp, belli konu ve durumlarda gerekli görme koşullarının sağlanması olduğu gerçeği zihinlerde yer etmeye başlamıştır.

Gerekli görme koşullarının sağlanmasının büyük oranda aydınlığın niteliğine bağlı olduğu düşüncesi, zamanla önem kazanmış ve bu konuda eğitim kaygısının başladığı bir sürece girilmiştir.

Görme konusunun, görsel algılama ile ilgili özelliklerine ve elde edilmek istenen sonuca göre, aydınlık niteliğini belirlemenin, yalnızca aydınlık düzeyi hesaplamaktan çok daha karmaşık olması aydınlatma projelerinde aydınlık düzeyi hesapları ile yetinme eğilimini doğurmuştur. Bir yandan aydınlığın niceliğini ön planda tutan eğilim sürüp giderken, öte yandan aydınlığın niteliğinin önemi daha iyi anlaşılır olmuştur.

Bugün, aydınlatmanın, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu(CIE) tarafından benimsenmiş olan tanımı, “nesnelerin ve çevrenin gereği gibi görülebilmesini sağlamak amacı ile ışık uygulamak”tır(Sirel,1996).

Tüm bu gelişmeler sonunda oluşan yeni kavram ‘aydınlatma tasarımı’ olmuştur. Mimari tasarım gibi aydınlatma tasarımı da kalıplaşmış biçimler ve buna bağlı hesap yöntemlerinin etkisinden kurtularak gerçek gereksinimlerin sorgulanacağı sürece işaret etmektedir.

Aydınlatma tasarımı, insan gözünün ışık ve renk görme özelliklerinden, ışık kaynaklarının, lambaların ve aydınlatma aygıtlarının türlü özelliklerine; yüzeylerin ve gereçlerin ışık yansıtma ve geçirme özelliklerinden, estetik ve mimari kavramlara; türlü ölçme tekniklerinden, oldukça karmaşık hesap biçimlerine uzanan, çok geniş bir alana yayılmış bilimsel verilerden yararlanmaktadır. Konunun profesyonelce ele alınmasıyla, yeni bir sektörel yapılanma başlamıştır. Önceleri aydınlatma eleman ve donatılarının üretim ve pazarlanması amaçlı gelişen sektör, zamanla aydınlatma tasarımcılığı kimliğini üstlenecek bir uzmanlaşma sürecine girmiştir. Günümüzde aydınlatma tasarımcılığı, özelleşmiş bir uzmanlık dalı haline gelmekte, aydınlatma projesi de bu uzmanlık dalı yürücülüğünde ele alınmaktadır.

Aydınlatma projesi, Şazi Sirel’in tanımına göre, “aydınlatmayı sağlayan tüm ışık kaynaklarının (hazır ya da özel armatürler, lambalar, mimari ile bütünleşmiş düzenlemeler, ışıklı objeler vb.) türünü, konumunu, gücünü, etkisini ve uygulamaya dönük tüm bilgileri içeren bir projedir”. Aydınlatma projesi aydınlık düzeni ile ilgili olup, elektrik döşemi

(tesisatı) projesinden bağımsızdır.

Sirel, aydınlatma projesinin hazırlanmasında iç mekan bağlamında dört aşama tanımlamıştır:

- 1) Yapının mimari, işlevsel ve yapımsal özelliklerinin etüdü.
- 2) Birbirinden işlev, tefriş ve iç mimari bakımından ayrı her bölüm, her mekan için aydınlık niteliklerinin belirlenmesi.
- 3) Nitelikleri belirlenmiş aydınlıkları sağlayacak aydınlık düzenlerinin kurulması ve bu düzenlerin, iç mimari anlatımlarla, mekan özellikleri ve karakteri ile, yapımsal gerekliliklerle uyumunun sağlanması.
- 4) Üçüncü aşamada elde edilmiş verilere göre gerekli aydınlık düzeylerini sağlayacak hesapların yapılması.

Bu süreçlerle hazırlanan aydınlatma projesi, elektrik projesi için gerekli tüm verileri içermektedir. Elektrik tesisatı projesi aydınlatma projesi verilerine göre ve daha sonra yapılmaktadır. Sirel bu aşamalarla ilgili olarak, dört aşamadan ilk üçünün bir yana bırakılarak yalnızca gerekli aydınlıkların hesaplanması ile yetinmenin, mimari projesi olmayan bir yapı için statik ve betonarme projesi yapmaya çalışmaktan bir farkı olmayacağını vurgulamaktadır.

Bir başka bakış açısıyla ise, aydınlatma sektörü aydınlatma tasarım geliştirme problemini iki kategoride ele almıştır:

1. Yapının fonksiyonuna uygun olan aydınlık düzeylerine ilişkin teknik problem,
2. Aydınlatma etkilerinin; mimar, müşteri ve planlamacının tasarlanan görünümü değerlendirmesi amaçlı gösterimine ilişkin görsel problem.

Işık, fizyolojik olarak insan gözünün algılayabildiği elektromanyetik ışınlar olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla aydınlatma, sayısal olarak ölçülebilen çevresel bir etkidir. “Bu yüzden çoğu zaman görsel çevremizi yaratırken aydınlatma tasarımında bu gerçek bizi hatalara sürüklemektedir. Gözlerimizden önce ışıkölçerlere güvenmeye eğilimliyiz. Minimum ve maksimum aydınlık düzeyleri veya düzeni, hiçbiri estetik açıdan tatmin edici aydınlıkta ortamları garanti etmeyen kodlarla, standartlarla veya önerilerle tanımlanıyor.”(Yancey,1999) Bu görüşü paylaşan birçok aydınlatma tasarımcısı gibi (aydınlatma tasarımcısı ve ‘architectural lighting’ dergisi editörü)Keith Yancey de, yapısal çevrelerimizi insan için aydınlatırken, hesaplara ve nicel analizlere sadece doğrulamak amacıyla bağlı kalıp, fizyoloji ve psikolojiden yararlanmanın gerekliliğini savunmaktadır.

Mimaride aydınlatma tasarımı, önde gelen mimari yapıtların özellikle belli bir kısmında önemle üzerinde durulmuş, günümüzün mimarlık ortamına ışık tutmuştur. Bu yapıtlar hem

kuramsal açıdan yapılarda doğal ve yapay ışığın kullanımına ilişkin bir kaynak oluşumunu sağlamış, hem de bilginin genelleştirilmesi, kuramsallaşması bakımından gereken deneyleme sürecinin bir parçası olmuştur. Bu bağlamda mimarlık tarihi boyunca ışığı başarıyla sorgulamış ve yorumlamış olan mimari yapıtlar, günümüzün mimari oluşumları için önemli geçiş noktaları niteliğindedir.

Louis I. Kahn'ın inşa edilememiş yapılarından biri olan Hurva Sinagogu, doğal ışığın mimarideki deneyimlerine önemli bir örnektir. Bu proje Kahn'ın en güçlü fikirlerinden biriydi. Çok az sayıda mimar, Kahn'ın bu projede ışıkla ilgilendiği kadar ilgilenmiştir. Kahn'a göre; 'Işık, varlığı bahşedendir.... Karanlık olması gereken mekanda bile, onun ne kadar karanlık olduğunu söyleyen yine gizemli açıklıklardan mekana sızan ışıktır. Her mekan, strüktürü ve doğal ışığın karakteri ile tanımlanmalıdır.'(Guerra ve Ojeda, 1996).

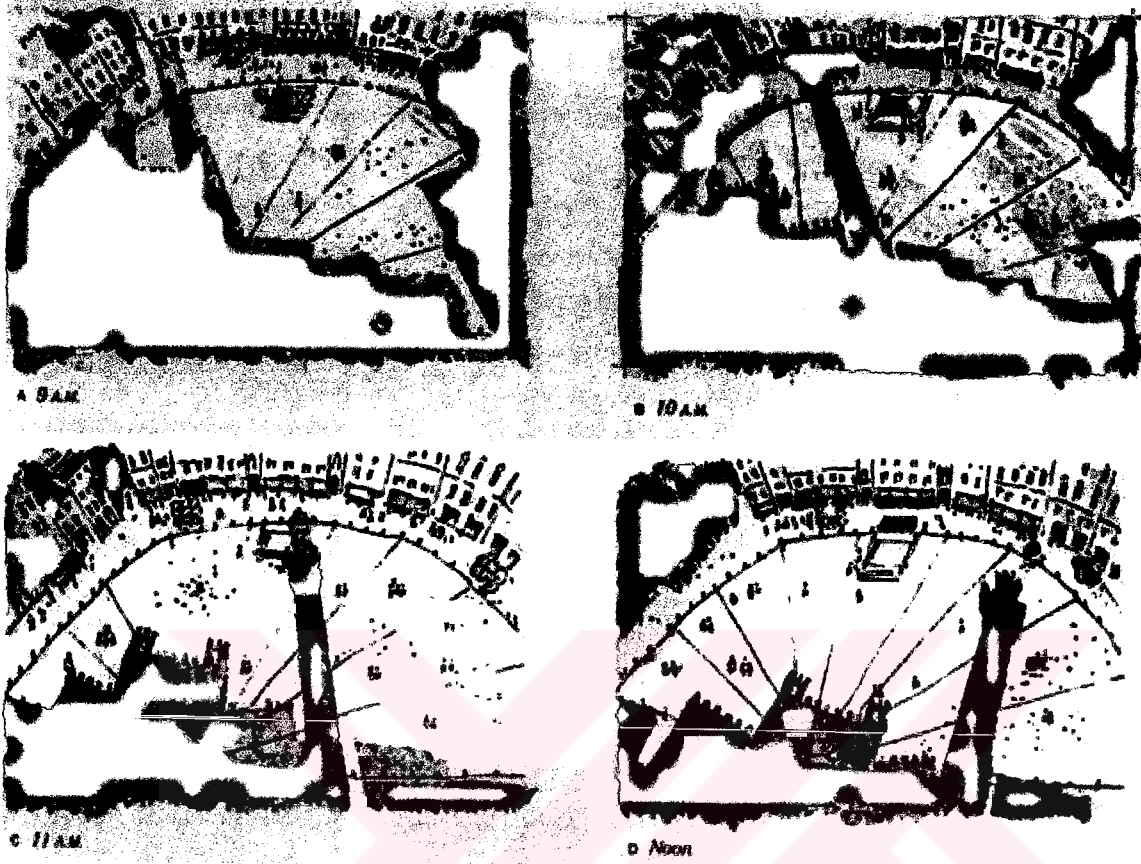
2.2 Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Geleneksel Yöntem ve Araçlar

Aydınlatma tasarımının mimari tasarım süreci içinde sorgulanması ve ışığın diğer tüm kriterlere olan etkisinin gözönünde bulundurulması önemli bir tasarım girdisi haline gelmiştir. Tasarımcılar, bu bağlamda ışığın davranışlarını gözlemleyebilecekleri teknikler geliştirmişlerdir. Fakat bu teknikler, değişkenlerin azlığı çokluğu, günışığının etkileri ya da yansıyan ışık etkileri dikkate alındığında yetersiz kalmaktadır. Örneğin Pantheon'daki gibi karmaşık ışık etkileri sözkonusu olduğunda, bu teknikler yardımcı olamamaktadır. Pantheon'un kubbesinin iç yüzeyindeki geometrik girintilerin herbiri ışığın hareketiyle farklı gölge dokuları ve farklı yeğinlikte ışık etkileri göstermekte, direk gün ışığı hareketiyle görünüm dinamik olarak değişmektedir.

Günışığını başarıyla yapılarında yorumlayabilen mimarlar, öncelikle karmaşık günışığı durumlarının değişimi için geçmiş çalışmalarla karşılaştırmalı çalışmaya ve sezgilerine güvenmişlerdir. Doğal ışık, mekan deneyimini sonsuz değiştirme yeteneği ve önceden tahmin edilemezliği ile çoğu mimarı ve kullanıcıyı şaşkınlığa düşürmüştür. Işığın komplike ve dinamik yapısı, mekânlarda heyecan verici ve tatmin edici sonuçlar sağlamaktadır. Fakat bu aldatici, anlaşılması ve sezinlenmesi güç bir kalitedir.

Günümüzün çağdaş tasarım araçları, her ne kadar tasarım sürecine daha önce hiçbir araçla sağlanamayan bir dizi verimli yöntem sunsa da, bu yöntemlerin gelişimini besleyen süreç, öncelikle yeni yöntemlerin gerekliliğini ortaya koyan, yenilikçi tasarım bilincini taşıyan deneysel mimari yaklaşımlarla başlamıştır. Mimaride aydınlatma tasarımı konusunda da

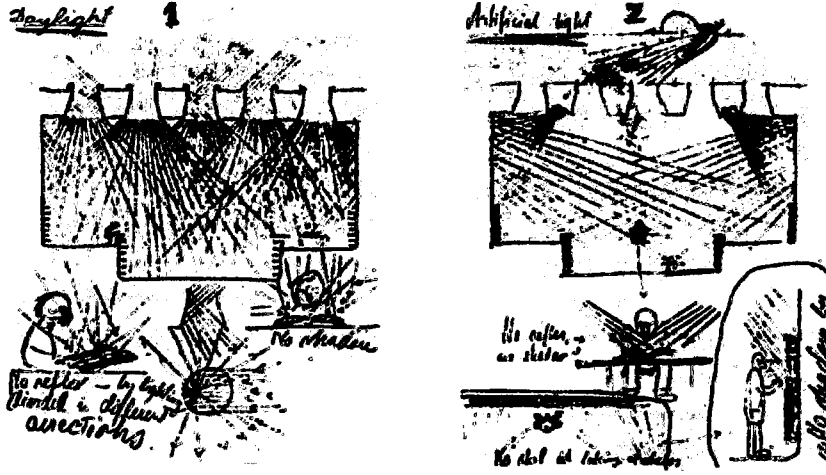
günümüzün tasarım araçlarının gelişimine ışık tutan bu tür yaklaşımlar görülmektedir(şekil2.3).



Şekil 2.3 İtalya Siena'daki Campo Meydanında gün içindeki gölge hareketlerini gösteren eskiz (Millet,1996)

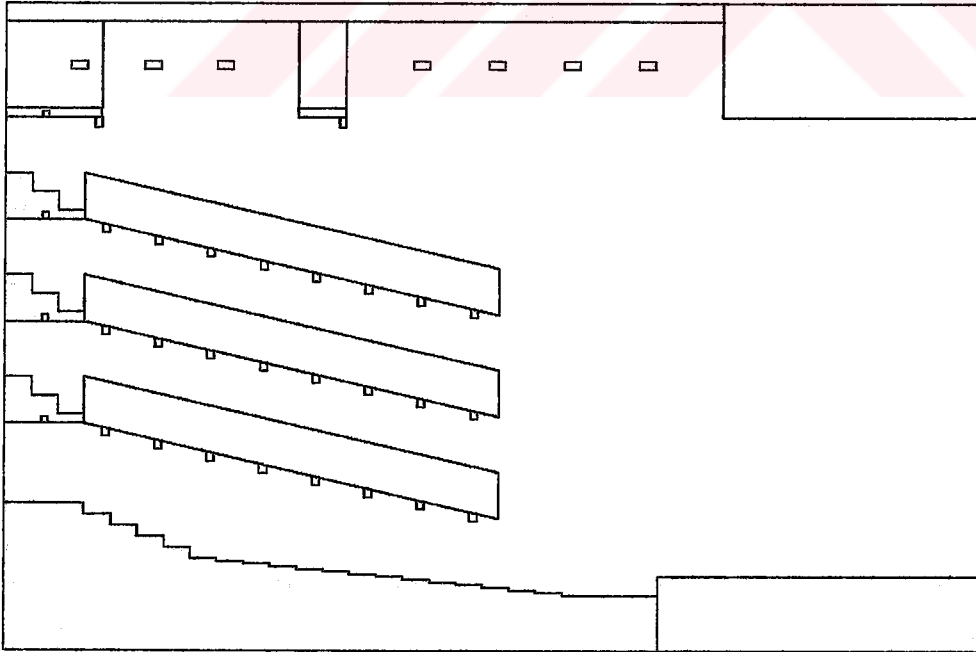
Kahn, projelerinin tasarım sürecinde, döneminin belki de en uygun araçları olan büyük ölçekli iç mekan çalışma maketlerinde, güneş yerine enkandesan lamba kullanarak ışığı görselleştirmiş ve deneylemiştir. Bu yöntem şüphesiz Kahn'a hedeflediği verimi sağlamıştır. Ancak bu maketlerden alınan fotoğraflar, bitmiş mekanda ışığın nasıl sonuç vereceği konusunda mimarın derin bir ışık anlayışına ve hayal gücüne sahip olmasını gerektirecek kadar şematik, detaysız ve malzemenin getirdiği etkilerden yoksun olduğunu göstermektedir(Larson,1995).

Tasarımlarında ışık ve gölge etkilerine önem veren mimarlardan biri olan Frank Lloyd Wright, mekanı grafik olarak çalışmış ve sorgulamıştır. Başarılı karakalem ve renkli grafik çizimlerinde ışığı bir kameranın algılayacağı kadar başarılı betimlemiştir. Yine gümüşü ve yapay ışık dağılımını yaptığı eskizlerle analiz eden A.Aalto da tasarım sürecinde ışığı geleneksel tasarım araçlarıyla sorgulamış olan mimarlardan biridir(şekil2.4).

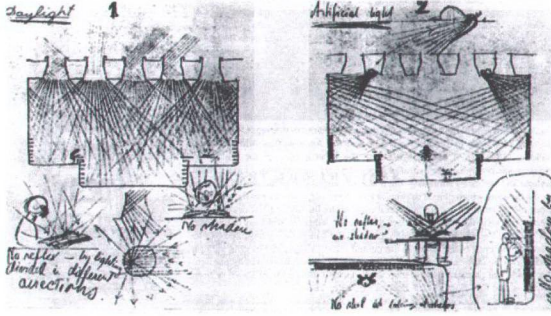


Şekil 2.4 A.Aalto'nun Viipuri Belediye Kütüphanesinde günışığı ve yapay ışık dağılımının analizi için yaptığı eskizler(Millet,1996)

Aydınlatma sektöründe kendine yer edinen aydınlatma tasarımcısı kimliği de yine geleneksel tasarım araçlarından faydalanmıştır. Aydınlatma tasarımında yaygın olarak kullanılan en basit ve etkili görselleştirme yöntemi plan ve görünüş düzlemi üzerinde ışık demetlerinin dağılım şemalarının çizilmesidir(Ganslandt ve Hofmann,1992). Işık huzmeleri, çizimin fon renginden daha açık renk bir gösterimle koparılarak, mekanda aydınlık kurgusunun analizi ve anlatımı sağlanmaktadır(şekil 2.5).

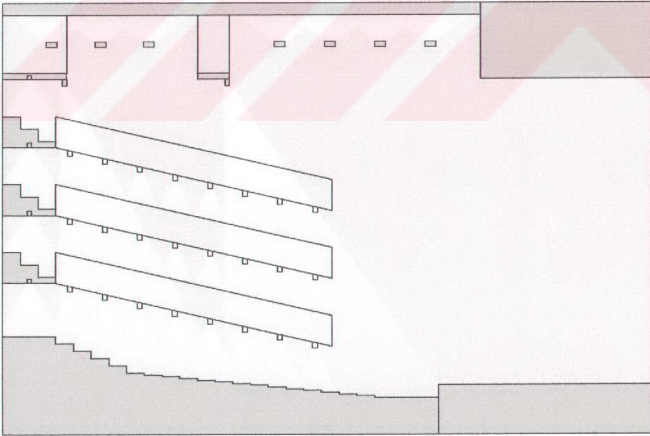


Şekil 2.5 Bir tiyatrunun oditoryumu için geliştirilen aydınlatma konseptinin grafik sunumu(Ganslandt ve Hofmann,1992).



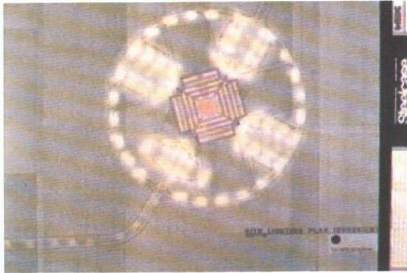
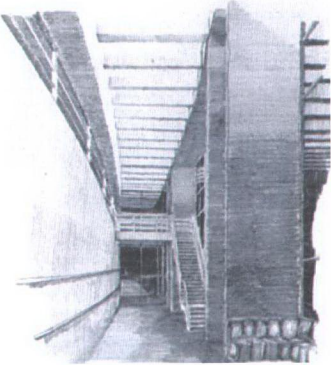
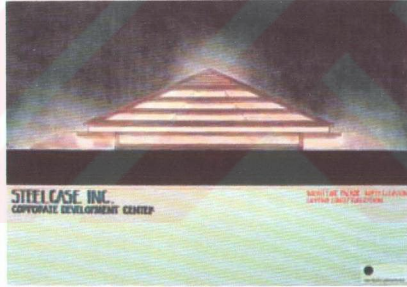
Şekil 2.4 A.Aalto'nun Viipuri Belediye Kütüphanesinde günışığı ve yapay ışık dağılımının analizi için yaptığı eskizler(Millet,1996)

Aydınlatma sektöründe kendine yer edinen aydınlatma tasarımcısı kimliği de yine geleneksel tasarım araçlarından faydalanmıştır. Aydınlatma tasarımında yaygın olarak kullanılan en basit ve etkili görselleştirme yöntemi plan ve görünüş düzlemi üzerinde ışık demetlerinin dağılım şemalarının çizilmesidir(Ganslandt ve Hofmann,1992). Işık huzmeleri, çizimin fon renginden daha açık renk bir gösterimle koparılarak, mekanda aydınlık kurgusunun analizi ve anlatımı sağlanmaktadır(şekil 2.5).



Şekil 2.5 Bir tiyatrunun oditoryumu için geliştirilen aydınlatma konseptinin grafik sunumu(Ganslandt ve Hofmann,1992).

'The International Association of Lighting Designers(IALD)' eski başkanı ve 'Illuminating Engineering Society(IES)' üyelerinden G.Steffy, aydınlatma tasarım süreciyle ilgili olarak, tasarlanana deneyeyerek ve deneyeme sonrası yeniden tasarlayarak geçen tekrarlı bir süreçte işaret etmektedir. Steffy, aydınlatma tasarım araçlarını niteliğe ve niceliğe ilişkin olmak üzere ikiye ayırmaktadır. Aydınlatmanın niceliğine ilişkin kararlar, aydınlık düzeyi hesaplarını içermektedir. Bunlar, teknik hesaplama araçlarının kullanıldığı standardize ve formülize veriler ışığında yapılan hesaplamalardır. Aydınlığın niteliğine ilişkin kararlar için ise Steffy, kara kalem tarama çizimleri, renkli ilustrasyonların(şekil 2.6) hem tasarım sürecinde, hem de müşteriye projenin aktarımında faydalı olduğunu belirtmiş, ancak ideal araçların maket ve birebir modeller olduğuna dikkat çekmiştir(Steffy,1990).



Şekil 2.6 Aydınlatma firmaları tarafından 80'li yılların sonlarında müşteri sunumları için hazırlanan çizimler(Steffy,1990)

Yukarıda sözü edilen aydınlatma tasarım araç ve yöntemlerinin yeterliliği, tamamen mimarın ya da tasarımcının ışığı yorumlama yetkinliğiyle sınırlıdır. Çünkü ışığın, ortamın yansıtma geçirme ve soğurma etkileri altında nasıl sonuçlar vereceği tümüyle görselleştirmeyi yapan ya da yönlendiren kişinin kabullerine bağlı olarak oluşmaktadır. Bu bağlamda, genel tasarım süreci içinde aydınlatma tasarımını gerektiği gibi sorgulayabilmek için gelişmiş araçlara ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.



3. BİLGİSAYAR TEKNOLOJİLERİNİN MİMARİDE AYDINLATMA TASARIMINA ENTEGRASYONU

Günümüzde bilgisayar teknolojileri, mimari projenin her aşamasında, bütün disiplinlerce kullanılmaktadır. Bu kullanım alanları, üç boyutlu modelleme ve görselleştirmeden, kentsel planlama, proje yönetimi, mekan programlama, iç mimari, maliyet analizi, strüktürel sistem analizi, enerji analizi, tesisatlandırma, mekanik ekipman seçimi ve aplikasyonu, aydınlatma tasarımına kadar birçok konuyu kapsamaktadır.

Diğer bütün tasarım alanları gibi bilgisayar teknolojileri ile etkileşim halinde olan mimari aydınlatma tasarımı, kullanılan araçların, alanın dinamik yapısı ve sektördeki girdi zenginliği gereği, bilgisayar teknolojileri açısından ileri düzey programlama problemidir. Gün geçtikçe artan bir ivme ile gelişimini sürdüren bilgisayar teknolojileri, bilinçli kullanıcıya yeni bir bakış açısı, hız ve güç kazandırırken, yanlış yönlendirilmiş, bilinçsiz kullanıcı için ise denetimsiz bir veri tabanı olarak görülüp, çalışma grafiğini olumsuz etkileyen araçlara dönüşmüştür. Bu bağlamda; tasarım ve teknik çözüm araçlarını doğru seçebilmek, gerek mimari gruplara hizmet veren, onlardan bağımsızlaşmış aydınlatma profesyonellerinin, gerekse yaygın bir çalışma yöntemi olmamakla beraber aydınlatma tasarımını kendi araçları ile genel tasarım süreci içinde çözümlen mimari grupların önemli bir sorunsalıdır.

'Bilgisayar teknolojileri' kavramının içinde barındırdığı bütün araçlar dikkate alındığında, aydınlatma tasarım ve üretim sektörünün, imalat aşamasından, kalite kontrol aşamasına kadar birçok aşamasında çoklu kullanım alanlarına rastlanmaktadır. Ancak, bu denli geniş kapsamlı bir araştırma çerçevesinin, hedeflenen mimarlık ortamına bir geri besleme sağlayamayacağı düşünüldüğünden, bu süreçler araştırma kapsamı dışında bırakılmıştır. Bu bölümde konuyla ilgili ele alınan bilgisayar teknolojileri, sektörün tüketiciye sunduğu, kişisel bilgisayar terminalleri ile kullanılabilen yazılımlar ve bu yazılımların gerektirdiği optimum donanım ihtiyaçlarıdır.

Aydınlatma tekniği, önceki bölümde de üzerinde durulduğu gibi, sadece nicelik değil, nitelik saptamalarını da içerdiğinden, yalnız hesaplama değil, aynı zamanda tasarlama kavramını da içermektedir. Yani mühendislik bilgisi ile sınırlı değildir. Bu bağlamda, burada yazılımların yeterliliği, **aydınlatma tasarımı** kavramıyla tanımlanan süreç için sorgulanmıştır.

3.1 Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Bilgisayar Teknolojilerine Genel Bakış

80'li yıllarda, yaygın anlayış, bilgisayar teknolojilerinin aydınlatma tasarımı gibi karmaşık işlem süreçleri içeren konularda sağlayacağı faydanın, bir hesap makinesinden daha ileri gidemeyeceği yolundaydı. Araştırmacılar, uzun yıllar yapılarada enerji performansı analizini sağlayabilecek gelişmiş araçlar üzerinde çalışmışlar, fakat bu araçlar, kullanışsız ve karmaşık arayüzleri, hemen hemen tümü rakamsal olan çıktı verileri ve ancak mimari tasarım süreci sonunda ortaya konulabilen mühendislik verilerine gereksinimi nedeniyle efektif olarak mimarlarca kullanılamamıştır. Ancak günümüzün gelişmiş ve konuya özelleşmiş yazılımlarının çıkış noktası, aydınlığı tasarım sürecinde bugünkü anlamı itibariyle **nitelik ve nicelik olarak analiz edilebilme olanağını sorgulamaktır.**

Aydınlatma tasarımı için özelleşmiş yazılımlar, üç boyutlu grafik tabanlı görselleştirmenin gelişim süreciyle paralel olarak biçimlenmiştir. Günümüzde, hem ileri düzey görselleştirme yeterliliğini hem de aydınlatmanın hesap düzeyiyle ilgili gerekliliklerini sağlayan programların gerisinde, sadece hesaplama düzeyinden başlayıp, basit düzeyli grafik model altyapısı üzerine kurulanlara doğru yaşanan bir geçiş süreci vardır. Buradaki geçişin gerekliliği, mekanın hacimsel kurgusunun ışıktan bütünüyle etkilenmesi ve bu etkinin yine üç boyutlu benzetimler aracılığıyla sorgulanabilmesiyle açıklanabilir.

Aydınlatma programlarının gelişim sürecinin başlarında, öncelikle mekan içinde farklı noktalaradaki aydınlık düzeylerinin hesaplanması için basit bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir. Geliştirilen bu tür yazılımlardan biri, Geneva'da 'SLI International' adlı firma tarafından distribütörlüğü yapılan 'Windows' tabanlı bir yazılımdır. Kullanıcı, program sayesinde aydınlatılacak olan mekanı oluşturup, seçilen aydınlatma donatılarını ve kaynaklarını aç ve pozisyonlarına uygun şekilde konumlandırabilmektedir. Program bu verilerle tavan, taban ya da çalışma düzlemindeki aydınlık düzeylerini 'lux' biriminde hesaplamaktadır. Bu program; lambaların ışık yayılım ölçümü için kullanılan Avrupa standartlarının hazırlanmasına katkıda bulunan Axel Stockmar ve meslektaşları tarafından Almanya'da tasarlanmıştır (Morgan, 1995). Bu bağlamda; sözkonusu yazılım ve benzer yazılımlar, kullanıcıların temel aydınlatma prensipleri konusunda bilgilenmelerini de sağlamıştır.

Öncelik olarak aydınlatmanın niceliği konusuyla, yani aydınlığın azlığı çokluğu, aydınlık düzeyi hesaplarıyla ilgili bu tür basit düzey yazılımlarda temel amaç, grafik tabanlı görselleştirme olmadığından, grafik altyapının yetersizliğiyle karşılaşılmaktadır. Bu programlarda yalnız dikdörtgenler prizması biçimindeki hacimlerin aydınlık düzeyi hesapları

yapılabilmektedir. Eğrisel ya da organik yüzeylerin oluşturacağı bir mekan için bu programlar işlevsizdir. Bunun yanında, sınırlı alternatif düzenlemelerden birinin seçilmesi kaydıyla, aydınlatma aygıtlarının aralıklarının belirlenmesi gibi basit düzey aplikasyon imkanı sunabilmektedirler. Bu tür yazılımların günümüzde kullanılıyor olmalarının öncelikli sebeplerinden biri, donanım ve zaman kriterleri açısından indirgenmiş yapıya sahip olmalarıyla basit aydınlatma problemleri için pratik çalışma alanı sunabilmeleridir(Relux, Dialux, Stardraw-2dV3, MacLux-pro, Softplot-V5...vb.programlarda olduğu gibi). Ancak bu programların görsel analiz ve komplike projelerin çözülmesi için yetersiz olduğu görülmektedir.

Bir yandan sözü edilen yazılımlarla sektörün ihtiyaçları kısmen karşılanmaya çalışılırken, öte yandan aydınlığın nitelik olarak analiz edilebilmesi ve müşteri sunumlarının iyileştirilmesi için, programların ileri düzey üç boyutlu grafik tabanlı görselleştirme altyapısı üzerinde yapılandırılması gündeme gelmiştir. Ancak burada yazılımların parametrik yapısının gerçeklik ve doğruluk ilkeleri üzerine oturabilmesi kolay olmamıştır.

Aydınlatma tasarımı sürecinde kullanılacak bu yeni jenerasyon yazılımlar, diğer üç boyutlu grafik tabanlı görselleştirme yazılımlarından farklılaşmıştır. Çünkü bu amaçla kullanılan bir görselleştirme yazılımında, kullanıcı tarafından ulaşılabilir parametrik verilerin gerçek etki ve etkiler üzerine yapılandırılmış olması ve bu parametreler doğrultusunda gerçekçi görüntüleme sağlanması, bilgisayar ortamında aydınlatma tasarım süreci için önemli bir gerekliliktir. Aksi takdirde programın ihmal ettiği gerçek aydınlık etkenleri, tasarımcının da tasarım sürecinde bu etkenleri gözardı ederek çalışması, projenin aydınlık gerekliliklerini yeterince sorgulayamaması tehlikesini doğuracaktır. Örneğin; eğer mimar tepе penceresi ile aydınlatılması düşünülen bir iç mekanı bilgisayar ortamında modelliyorsa, kesin doğru bir görüntü, mekanın gerçekten de bu pencere düzeniyle yeterli ışık alıp almadığını gösterecektir. Ancak geleneksel bir görselleştirme aracında, mimar, mekan çok karanlık görünüyorsa, yazılımın genel ayarlarını değiştirerek mekanın aydınlık düzeyini değiştirmeye yönelecektir. Oysa fiziksel olarak kesin doğruyu verebilen bir bilgisayar görselleştirme yazılımında, mimar, mekandaki ışığın kalitesini iyileştirmek için pencere boyutları, biçimleri ya da ortamdaki parlaklık düzeyi, renk ya da yansıtıcılık ayarlarını değiştirmek zorundadır. Bir başka deyişle, mimari elemanlar doğru tasarlanmadıkça, problem çözülmeyecektir. Bu da bilgisayar ortamında tasarım yapan kişinin karşı karşıya kalabileceği yanılsama riskini ortadan kaldıracaktır. Bu örnekte anlatılan durum, yapay aydınlatma tasarımı için de aynı ciddiyette önemlidir. Tasarım problemi karmaşıklıkça, yazılımın hakim olması gereken veri tabanı da

o kadar yoğunlaşmıştır. Örneğin coğrafi konum gereği, günün farklı saatlerinde değişen günışığı değerleri, yapay ışık kaynaklarının ışık akısı, ışıksal yeğinlik, ışıklılık, renk değerlerinden, reflektör özelliklerine kadar bütün nitelik, nicelik değerleri ve diyagramları, yüzeylerin yansıtma çarpanlarından, renk bilgilerine kadar bir çok parametrenin sorgulanması gerekmiştir. Bugün yazılım teknolojisinin kullanıcıya sunduğu gelişmiş aydınlatma programları, ışığı tüm parametreleriyle değilse de, algısal olarak gözün doğrulayabildiği düzeyde gerçekçi görselleştirebilmektedir.

Günümüzde kullanılan bilgisayar tabanlı görselleştirme tekniklerinin bugünkü başarılı grafiğinin ardında, ileri düzey gerçekçi sentetik imajlar yaratmayı mümkün kılan kırk yıllık zorlu bir araştırma süreci vardır. Bu alanda gelişim sürecine önemli katkılarda bulunan kuruluşlardan biri, dünyanın önde gelen laboratuvarlarından, New York, Ithaca'da Cornell Üniversitesi Bilgisayar Grafikleri programı(PCG-program of computer graphics)dir. Kuruluşundan(1975) bu yana, Donald P.Greenberg'in başkanlığındaki program, bugün mimarların rutin olarak kullandıkları birçok pratik yazılımın altyapısını geliştirmiştir. Örneğin, PCG'de yapılan araştırmalar, gerçekçi aydınlatma etkileri yaratabilen 'Lightscape' programının gelişimine öncülük etmiştir.

Mimarlık ve mühendislik eğitimi almış olan Greenberg, 1960'lardan bu yana, bilgisayarın tasarım potansiyeliyle ilgili sahip olduğu bilinçle, mühendislik uygulamalarından alınan rakamsal verilerin grafiksel tabanlı gösterimini sağlayabilecek yazılımın yapılandırılması için çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar ışığında, Ulusal Bilim Vakfı(national science foundation-NSF)'nin da desteğiyle, çoklu bilim alanlı bilgisayar grafikleri programının kurulumu gerçekleşmiştir. Bugün programa, NSF'in yanısıra Intel ,Hewlett Packard ve Autodesk gibi sektörün önde gelen firmaları da destek sağlamaktadır.

Söz konusu çalışma alanlarının gerektirdiği üst düzey disiplinlerarası platform, öncelikle mimarlık ve bilgisayar bilimleri profesyonellerinden olmak üzere, mühendislik, görsel sanatlar, sahne sanatları, algısal psikoloji konusunda uzmanlaşmış bir kadrodan oluşmaktadır.

PCG'nin üç temel araştırma alanından biri, ışığın davranışlarının bilgisayar ortamında benzetiminin(simulasyon) yapılması ve görselleştirme algoritmalarının daha üst düzeylere çekilebilmesi için insan görsel algı sisteminin araştırılmasıdır. Bu bağlamda çalışmalarını sürdüren programın yapılandığı ışık ölçüm laboratuvarı, akademilerarası en donanımlı laboratuvarlardan biridir. Burada, araştırmacılar, ışığın fiziğini dalgaboyu düzeyinde incelemektedirler. Laboratuvarında oluşturulan fiziksel modellerde, ışığın yüzeylerden yansıma,

yutulma ve geçme şekillerinin gelişmiş araçlarla ölçümleri yapıp, bu ölçüm sonuçları, bilgisayar ortamındaki ışık simülasyonlarında mevcut algoritmalarla yapılan ölçümlerle karşılaştırılmaktadır. Bu algoritmalar daha sonra gerçek modellerden alınan sonuçlara göre geliştirilmektedir. Sonuç olarak, yazılımların yarattığı görsel gerçekliğin doğruluk düzeyi üst düzeylere çekilmektedir.

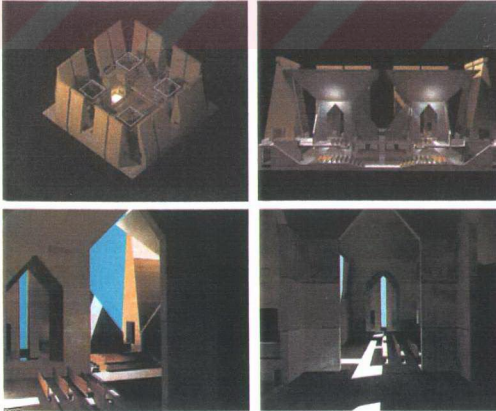
Bu çalışmanın yanısıra, salt bir fizikçinin yaklaşımından farklı olarak, PCG, bu hesaplardaki matematiksel ilerlemenin, anlamlı görsel bilginin insan göz ve beynine iletimini nasıl ve nerede etkilediğini belirlemek üzere, algısal psikolojiden yararlanmaktadır. Algılanabilirlik boyutunun gözlemlenmesi sayesinde, yapılandırılan yazılımda, görüntülerin gerçekçiliğinden taviz verilmeksizin, yazılım üzerinde hız konusunda modifikasyon yapılmaktadır.

Bilgisayar ortamında ışığın görselleştirilmesine ilişkin kayda değer çalışmalardan biri, M.I.T.(Massachusetts Institute of Technology)'de araştırmacı bilim adamı, mimar Kent Larson'ın üstlendiği, "Louis I. Kahn: Unbuilt Masterworks" adı altında yayınlanan çalışmadır(şekil 3.1). Bu çalışma kapsamında Larson, usta mimar Louis I. Kahn'ın, bitmemiş sekiz projesinin, Kahn yaşasaydı hangi kararlarla sonuçlandırılabilceğine dair, onun tasarım metodolojisi ışığında deliller aramış ve gelişmiş bilgisayar teknolojilerini kullanarak, projeleri bitmiş halleriyle görselleştirmiştir. Bu projeler; Luana Angola'da Birleşmiş Milletler Konsoloslugu(1959-61), Philadelphia Mikveh Israil Sinagogu(1961-72), New York'ta Altı Milyon Yahudi Şehitleri Anıtı(1966-72), Venedik-İtalya'da Kongre Sarayı(1968-74), Jerusalem Hurva Sinagogu için üç öneri(1967-68, 1969 ve 1973), La Jolla-California'da Salk Biyoloji Enstitüsü Toplantı Evi(1959-65)'dir.

Salk Enstitüsü, modern mimarlığın üzerinde en çok çalışılmış örneklerinden biridir. Kahn, bu çalışmada, yalnızca yapının laboratuvar bölümünü inşa edebilmiş, geride toplantı evi ile ilgili çok sayıda eskiz ve metin bırakmıştır. Bu deliller doğrultusunda Larson, öncelikle toplantı evinin seçilen bölümleri için final tasarım aşamasını kağıt üzerinde tamamlamış, daha sonra Kahn'ın ışığın gizemi ve malzemenin dili ile ilgili kaygılarını sorgulamak üzere bu aşamada çalışmalarını bilgisayara aktarmıştır. Yapının tamamlanan kısmından aldığı fotoğraflarla malzeme arşivi oluşturmuş ve bu imajları fotoğrafik montajlarla, CAD yazılımı ile hazırladığı üç boyutlu model için kullanabileceği malzeme dokularına dönüştürmüştür. Kahn'ın malzeme paletinin bir diğer temel elemanı olan doğal ışık, çalışmanın en zor bölümünü teşkil etmekteydi. Kahn'ın mekanlarına mistik kalitesini veren yansıyan, yayılan, hareket eden ışıktı. "Kahn'ın amaçlarının, entellektüel bir kavrayışla ele alınması ve güçlü araçlarla araştırılması yapılmaksızın, çalışmanın görsel reprezentasyonu mümkün olamazdı"(Larson,

1998). Larson, "Kahn'ın, parlaklığı yumuşattığı ve etrafa yumuşak ışığın saçıldığı mekanları arasında, onun ışıkla ne yaptığını anlamaya çalıştım" sözleriyle ışığı kavrayışındaki hassasiyeti anlatmaktadır. "Sanırım, Kahn, ona mekanlarında malzeme ve ışığın oyununu araştırmasında yardımcı olacak böyle bir aracı memnuniyetle karşıladı, ama eminim bilgisayar onun inşa edilmiş yapılarını önemli derecede değiştirebilirdi" şeklinde düşünen Larson, bu çalışmayla gelişmiş bilgisayar teknolojilerinin mimari araştırmada yeni bir kullanımına öncülük etmiştir('Architecture'dergi komitesi, 1999).

Kahn'ın inşa edilememiş yapılarının yorumlanmasında en önemli konu, ışığın fiziksel olarak kesin doğru ele alınışı olmuştur. Salk toplantı evinde, ortam ışığının yarattığı karmaşık iç yansımalara hakim olabilmek için, Larson, "Discreet Logic" grubunun "Light" yazılımını kullanarak, güneşin her bir pozisyonu için bir global aydınlatma çözümü geliştirmiştir. Diğer yapılar için ise, "Radiance" ve "Integra Visual Computing" tarafından geliştirilen yazılımları kullanmıştır. Gerçek dünyada olduğu gibi, simülasyonu yapılan günışığı, Larson'ın modelinin bir yüzeyine çarptığında, ışınlar geliş açısına, yüzey malzemesine göre yayılmaktadır. Yayılan ışık enerji dikkate alınmayacak kadar küçülene dek, bir yüzeyden bir diğerine sıçramaktadır. Yayıncı iç yansımalar ortamı aydınlattıkça, gölgeler yumuşamaktadır. Final aşamada, aydınlatma etkilerinin yapay olarak canlandırılabilirdiği simülasyon ortamında, günün farklı saatlerinde farklı günışığı etkileri altında anahtar sahne çekimleri yapıp, bu sahneler düzgün yansıma ve parlamalar için 'raytracing'(bölüm 3.2.2) işlemine tabi tutulmuştur('Architecture'dergi komitesi, 1999).



Şekil 3.1 Kent Larson'ın 'Louis I. Kahn: Unbuilt Masterworks' çalışmasından 'Jerusalem Hurva Sinagogu' görselleri(Guerra ve Ojeda,1996)

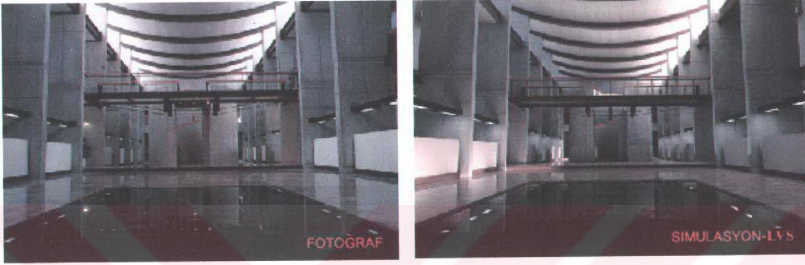
Mimaride aydınlatma tasarımına yönelik bilgisayar kullanımına ilişkin çarpıcı bir başka örnek, Boston firması Shepley, Bulfinch, Richardson&Abbott tasarım grubu partneri Elizabeth(Zibby) Ericson'un üstlendiği Boston koleji tepe ışıklığı tasarımıdır. Ericson bu çalışmada, tepe ışıklığın komplike geometrik yapısı gereği, geleneksel araçların yetersiz kaldığını gözlemlemiştir. Çünkü, ışıklık, yeni dikdörtgen yapı ile boomerang formunda bir strüktür arasındaki bahçenin üzerine kapatılmaktaydı. İki yapının malzemeleri, strüktürel sistemleri ve kat yükseklikleri birbirinden farklıydı. Bu iki yapının arasındaki poligonal mekanın üzerindeki ışıklığın önemi, geçiş elemanı olarak tanımlanmasının gerekliliğiydi. Birbirine benzemeyen bu iki yapıyı geçmek için ışıklığın farklı boyutlarda kıvrımlanması gerekmektedir. Bentley firmasının Microstation 95 yazılımı ile ışıklık için bir düzine strüktür alternatifi hazırlanmıştır. Güneşli günlerde bu strüktür, iç avlunun döşeme ve duvarlarında kuvvetli gölgeler oluşturacaktı. Aydınlatma problemi tam da burada yoğunlaşmaktaydı. Tam olarak bu gölgelerin oluştuğu bölgelere ışık projekte etmek üzere nokta tespitleri geleneksel yöntemlerle oldukça zor ve yorucu bir çalışma olacaktı. Kullanılan yazılımın, günışığı kaynağını, günün ve yılın farklı zamanları için tüm doğrultularda yerleştirip, gölge hesaplarını yapabilme fonksiyonu sayesinde, bu problem çözümlenmiştir. Ericson'a göre, "Modelleme olmaksızın, ışığın ve düşen gölgelerin hareketini kesin olarak gözlemleyemez, sonuç mekansal nitelikleri anlayamazdık. Bu çalışmalar, bize ne kadar yüzeyin aydınlatılmaya ihtiyacı olduğunu ve bu aydınlatmanın ne kadarının günışığıyla yapabileceğini belirlememizde yardımcı oldu." Burada ışık tasarımı, strüktür geometrisi kadar önemli bir tasarım kriteri olarak ön plana çıkmıştır(Novitski,1999a).

3.2 Aydınlatma Programlarında Görsel Gerçeklik:“Işığın Gerçekçi Modellenmesi”

Genellikle fotoğrafçılar için, fotoğrafik araçların yani kameranın önündeki görüntü, tamamen fotoğrafçının kişisel duygularının ürünüdür. Kaydedilen gerçeklik, her zaman sanatçının yaklaşımıyla filtrelenmiştir. Bir başka açıdan, dijital aydınlatma simulasyon araçları geliştiren gruplar, sundukları aracın fiziksel olarak doğru aydınlatma simulasyonları verebilme yeterliliğini, bir fotoğrafın sağladığı ‘gerçekçilik’ ile benzeştirmektedirler(şekil3.2). Oysa, yazılımları bu bağlamda değerlendirip, sadece artistik amaçlı görselleştirme araçları olduğunu söylemek yanlış olacaktır.

Fotoğrafik bir görselde sonuç, başlangıçta kameranın ardındaki kişiden, seçilen film türü, lens ve diyafram ayarlarına kadar bir çok değişken etkene bağlıdır. Dijital fotoğrafçılıktan önce, işleme kimyası, kurutma, düzeltme filtreleri, baskı kağıdı seçim ve yöntemleri de

sonuçları etkilemekteydi. Bugünkü fotoğrafçılık teknolojisi, baskı öncesi dijital olarak bir çok modifikasyona imkan verebilmekte, böylece basılan imaj tümüyle fotoğrafçının o an gördüğünden farklılaşmaktadır. Mimari fotoğrafçı, görüntüyü dramatik olarak değiştirmek üzere ışığın çıplak gözle görünen etkilerinden tamamen başkalaşmış görseller yaratabilmektedir. Örneğin, bir magazinde yayınlanan fotoğraf, bir mimarın tercih edeceği sonuca yakın, ama kullanıcının deneylediğinden tamamen farklı görünebilmektedir.



Şekil 3.2 Lightscape programının foto-gerçeklik iddiasını ortaya koyduğu karşılaştırma resimleri(1)

Bütün bunların ışığında, 'foto-gerçeklik'(photo-realism) kavramının anlamsızlaştığı söylenebilir. Dijital görselleştirme jenerasyonunun daha erken dönemlerine, 1992'lere gidildiğinde, birkaç yansıma etkisi ve malzeme kaplama, imajın sentetik etkisine rağmen gerçekçi olarak nitelendirilmesine yetmekteydi. Bugün bir mekanın, her biri fotoğraf kadar gerçek izlenimi veren, şaşırtıcı farklılıkta dijital görüntüleri elde edilebilmektedir. Yani fotoğrafın, verdiği sonuçların değişkenliği ile, 'iki boyutlu görüntüde gerçekçilik' kavramını yeniden sorgulatması gibi, simulasyon görüntüleri de sonuçlardaki çeşitlilik ile 'foto-gerçeklik' kavramını sorgulatmaktadır. Burada sözkonusu görsel kalite, artık foto-gerçeklik değil, hiper-gerçeklik(hyper-realism) ya da gelişmiş-gerçeklik(enhanced-realism) kavramlarıyla örtüşmektedir.

Mimarlar için, tasarım önerilerinin realistik görsellerle prezentasyonunun gerekliliği kaçınılmazdır. Günümüzde kalem ve suluboya gibi realistik görselleştirme araçlarının yerini bilgisayar araçları almıştır. Ancak gerçekçi görseller üretmede önemli bir problem, mimari c.a.d. yazılımlarının çoğunun objeleri modelledikleri gibi ışığı da modelleyememeleridir. Katı model ve malzeme bilgisi konusunda başarılı olan birçok yazılım, mimarların ışık konusunda beklentilerini karşılayamamaktadır.

Aydaesk'in 3DStudio yazılımı veya 3D/Eye'in 'Trispectives' yazılımı, kullanıcıya ışık kaynaklarını yerleştirme, yönlendirme ve renk bilgisi yükleme opsiyonlarını tanımaktadır. Ayrıca ışık demetinin genişliği, azalma oranı gibi verilerini belirleyerek ışık yayılımını kontrol altında tutma olanağı vermektedir. 'Rendering' işlemi boyunca, program, seçilen kamera pozisyonundan görülebilen gölge ve obje yüzeylerinde oluşan gölge tonlarını hesaplayan bir dizi algoritmik işlem yapmaktadır. Objeler birbirleri üzerine gölge atarlar, ışık şeffaf objelerden geçer, parlak yüzeyler ışık patlamaları yaratır. Işık kaynakları ve gölge ayarlarıyla, belli oranda yayımlı ortama ışığıyla, mimari tasarımlar için orta düzey gerçekçi imajlar elde edilebilmektedir.

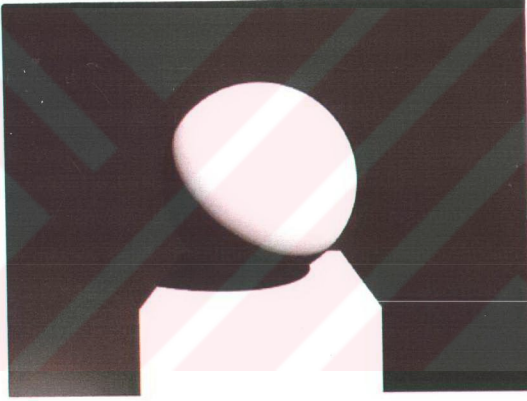
3.2.1 Modelleme Programlarının Gelişim Süreci ve Genel Algoritmik Yapısı

Üç boyutlu bilgisayar grafikleri, günümüzde çok çeşitli uygulamalarda yaşamsal ve yaratıcı bir rol üstlenmiştir. Endüstriyel tasarım, mimari tasarım, bilimsel araştırmalar, uçuş benzetimi, şirket sunumları, reklamcılık ve eğlenceye dönük yayın sanayisi gibi bir çok alanda bilgisayar grafikleri kullanımı artık çok olağan bir gelişimdir. Bütün bu uygulamalarda, ya gerçek zamanlı üç boyutlu grafik teknikleri kullanılmakta, ya da gerçekçi, kare kare görüntü sağlayan teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler, 1960'larda Ivan Sutherland'ın Lincoln Laboratuvarı'nda yaptığı çalışmalara ve daha sonraki dönemlerde Utah Üniversitesi'nde yürütülen araştırmalara dayanmaktadır. Sutherland'ın Lincoln'da geliştirdiği 'sketchpad'(çizim levhası), ilk transistörlü bilgisayar TX2'de çalışan etkileşimli bir grafik programıydı(Cotton ve Oliver, 1997).

Analitik ya da tasarım amaçlı olsun, modelleme yazılım prosedürleri ya da algoritmaları, ışığın davranışlarını simule edebilmek için öncelikle mekan ya da ortamın geometrisi üzerine kuruludur. Üç boyutlu bir model, üç boyutlu bir kartezyen koordinat sistemi ile tanımlanmış geometrik veriler içermektedir. Bu model aynı zamanda, malzeme ve ışık bilgisi de içerebilir. Bilgisayar monitöründeki görüntü, çok sayıda ışıklılık noktaları yani piksel denilen ekrandaki en küçük görüntü ögesi(Cotton ve Oliver,1997) birimlerinden oluşmaktadır. Bilgisayarda grafik tabanlı bir görüntü yaratılırken amaç; her pikselin, modelin barındırdığı bilgi ve bakış açısına bağlı olarak alacağı rengin saptanmasıdır. Bir yüzey üzerindeki her bir spesifik noktanın rengi, o yüzeyin malzeme özellikleri ve onu aydınlatan ışığa bağlı olarak oluşmaktadır(lightscape tutorial). Modelleme programlarında, yüzeylerin ışığı nasıl yansıtıp, yayımladığını açıklamak için iki genel gölgeleme algoritması kullanılmaktadır. Bunlar lokal aydınlatma algoritmaları ve global aydınlatma algoritmalarıdır(Ashdown,1996).

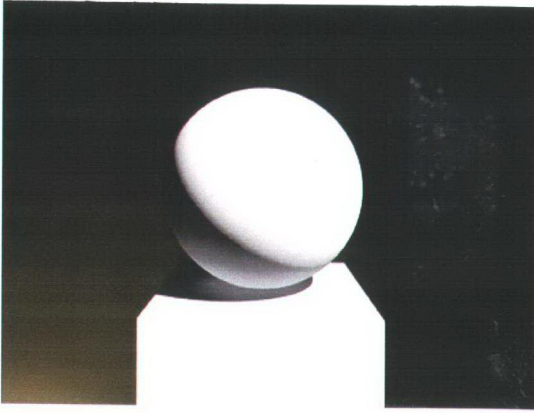
Lokal aydınlatma algoritmaları, sadece her bir tekil yüzeyin kaynaktan gelen ışığı nasıl yansıttığı ya da yaydığını tanımlamaktadır. Yani, sadece ışık kaynaklarınınca yayılan ışık , tekil objelerin aydınlanma hesabı için kullanılmaktadır. Objelerin ışıkla etkileşim halinde olduğu fiziksel gerçeği gözardı edilmektedir. Lokal aydınlatma; objelerin üzerlerine düşen ışığın bir kısmını tekrar yansıtarak mekan içindeki aydınlatmayı etkilediklerini dikkate almadığından, direk ışık almayan yüzeyleri karanlık olarak hesaplamaktadır(şekil3.3). Bu durumda lokal aydınlatma modeli fiziksel olarak yanlışır(Ashdown,1996).

En basit lokal aydınlatma algoritması yaklaşımı olan yassı gölgeleme(flat shading) tekniği, sadece tek bir kaynaktan gelen direk ışığı gösterebilmekteydi. Yassı gölgeleme(flat shading) tekniği uygulanan bir küre, ışığın çeşitliliği ve üç boyutluluğun getirdiği degrade geçiş sağlayamadığından, ancak bir disk gibi görünebilmekteydi(Laiserin,2001).



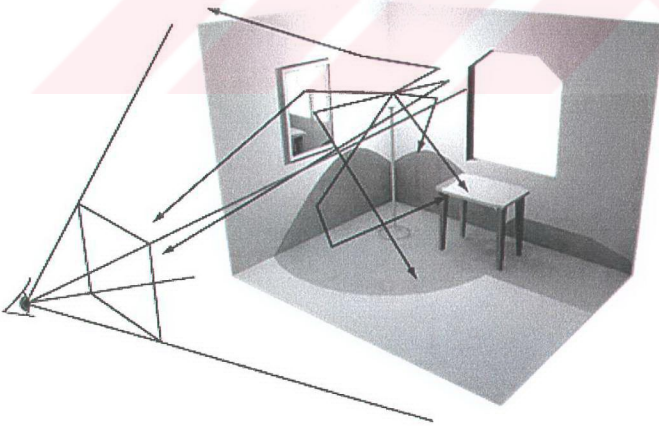
Şekil 3.3 Lokal aydınlatma algoritmaları ile işlenmiş model(2)

Işık yalnızca kaynağından obje yüzeyine doğru, oradan direk olarak gözlemcinin gözüne ya da kameraya doğru yolculuk yapmamaktadır. Işık ortam içinden geçerken, yansıma, kırılma, dağılma, yayılma, kutuplaşma, kırınma ve yutulma etkilerine maruzdur. Doğruya daha yakın görüntüler elde etmek için, sadece ışık kaynaklarını değil, ortamdaki yüzey ve objelerin de ışıkla etkileşimini dikkate almak önemlidir(şekil3.4). Yüzeyler arasındaki ışık hareketlerini dikkate alan aydınlatma algoritmaları, global aydınlatma algoritmaları(şekil3.5) olarak adlandırılmıştır(Ashdown,1996).



Şekil 3.4 Global aydınlatma algoritmaları ile işlenen model(2)

Aydınlatma tasarımcıları için global aydınlatma, değerli bir mühendislik aracıdır. Çünkü, aydınlatma mühendisleri ve tasarımcıları, fotorealistik imajlardan çok aydınlık düzeylerinin, ışık gradientlerinin, görsel performans kriterlerinin gösterilebilirliği ile ilgilenmektedirler. Onlar için önemli olan, bir programın, ortamdaki ışığın yönelimi ve yayılımını nitel ve nicel olarak analiz edebilme yeterliliğidir.



Şekil 3.5 Global aydınlatma algoritmalarında dikkate alınan ışık hareketleri (3)

Dijital imajlarda realistlik aydınlatma etkileri yaratma problemi, ışığın yayılımını basitçe analiz etmekten çok farklı bir problemdir. İlk dolgu yüzeyle model yapımında nesne yüzeyi çokgenlere(poligonlara) bölünüyordu. Katı model grafiklerdeki render edilmiş yüzeyler, tuğla,taş v.s. gibi dokuları yaratmak için aynı ya da tekrarlı tanımlamaları olan poligonlar bütünüdür. Her poligondaki piksel sayısı mümkün olan detay düzeyini belirlemektedir. Kısacası, bir poligon ne kadar çok pikselden oluşmuşsa, o kadar detaylı render almak söz konusudur. Ancak verilen sahne alanı içindeki piksel ve poligon sayısı arttıkça, bilgisayarın işlem ve render süresi artmakta, daha fazla hafızaya ihtiyaç duymaktadır. 3 boyutluluk etkisini yaratmak için, bilgisayar, kullanılan bakış açısına göre, poligonların arkadalık, öndelik ilişkisini tanımlayıp, görünmeyenleri sahneden kaldırmak üzere algoritma kullanmaktadır. Bakış açısı değiştirildiğinde yeni bakış açısına göre işlem tekrar etmektedir. Poligon sistemi, ışık etkilerinin geliştirilebildiği bir çalışma metodu yaratmıştır. Modelin, çokgenlerden oluşan bir bütün olarak ele alınmasıyla sağlanan 'gizlenmiş yüzeylerin kaldırılması' yöntemi de sisteme hesap kolaylığı getirmiştir. Özellikle Henry Gouraud ve Bui Thong Phong'un geliştirdiği düzgün gölgeleme teknikleri, çokgen yüzeylere daha gerçekçi görünüm kazandırmıştır.

Işık yayılım programları için tanımlanan yineleme işlemi, 16.yy.'da ortaya atılan Lambert kuralını kullanmaktadır. Lambert, bir yüzeyden yansıyan ışığın niceliğinin, ışığın yüzeye hangi açıda çarptığına bağlı olduğuna işaret etmiştir. Dik gelen ışığın tamamen yansımaları, paralel gelenin ise hiç yansımaması bu fiziksel kuralın sonucudur. Bu ikisinin arasındaki durumlarda, yansıma oranı ışığın çarptığı açının kosinüsüne göre değişmektedir. İşte bu gerçek, objelerin şeklinin algılanmasını sağlayan gerçektir. Örneğin küre biçiminde 3 boyutlu bir obje ele alındığında; eğer bütün ışık bakış açısına göre obje tarafından eş yeğinlikte yansıtılsaydı, obje yassı bir daire olarak algılanırdı. Objeyi görünür kılan, objenin değişen şekline göre yansıyan ışığın çeşitliliğidir(Morgan,1995).

Kosinüs fonksiyonu yardımı ile obje görünümüne gölge tanımlaması yapılırken, ışığın pozisyonuna göre yüzey açılarının değişen değerleri alınmaktadır. Yüzey parçalarının ışığı aldığı açı daraldıkça, o noktalar daha karanlık görülmektedir. Bu prosedür, homojen ve çevreleyen ışığın yıkadığı objenin görünümünü yaratmaktadır. Bilgisayar destekli imajlar için Henry Gouraud tarafından geliştirilen sistem bu ilkeye dayalıdır. Bu sistem Gouraud-shading olarak adlandırılmıştır. Bu prosedürün bir sonraki aşaması 'phong-shading' olmuştur. Bu yöntemi geliştiren Bui-Tuong Phong, ışık hesaplarından önce, yüzey strüktürünü yumuşatmak için gerçeklik düzeyini arttıran ve ışığın degrade geçiş etkisini kuvvetlendiren kapsamlı

hesaplar kullanmıştır(Morgan,1995).

Herhangi bir aydınlatma hesap programının başarısı, sadece aydınlık ve mesafe hesabı doğruluğuna değil, hesaplamanın aşamalarına da bağlıdır. Örneğin; kübik bir mekanın ortasındaki noktasal bir kaynaktan sağlanan hayali bir ışık demeti ele alınıp ışığın hareketi incelendiğinde; ışık, kaynağından bütün yönlere doğru yayılmakta, sonra duvar, tavan ve taban tarafından yansıtılmaktadır. Yansıyan ışık karşıt yüzeylerden tekrar yansıtılmakta ve yansıma sonsuz defa tekrar etmektedir. Işık her yansıyışında, bir miktar enerjisi -lux biriminde değeri- çarptığı yüzeylerce yutulmaktadır. Bu sonsuz değeri hesaplamak pratik bir işlem değildir.

Sözü edilen 'gouraud' ve 'phong shading' teknikleri gerçekçi modeller için atılan önemli bir adım olmasına karşın, asıl fotoğraf düzeyinde gerçekçi grafikler ancak 1974'te Utah Üniversitesi'nden Ed Catmull'ın geliştirdiği 'çift küplü yüzey bölümlene tekniği' ile mümkün olabilmektedir. 'Yinelemeli altbölünüm' adını verdiği işlemlerle Catmull, yüzeyleri tek piksele kadar küçülebilen bölümlere ayırarak düzgün(pürüzsüz) ve gerçekçi yüzeyler yaratmayı başarmıştır. Daha önceki tekniklerdeki gizlenmiş yüzeylerin kaldırılması sorununa çözüm getirmiş olan 'Z arabelleği', saydamlık benzetimi sağlayan 'alfa-geçişim' ve iki boyutlu görüntülerin üç boyutlu nesne ve yüzeylere 'eşlemlenebilmesini' sağlayan doku işlemi de Catmull'ın geliştirdiği kavramlardır. (New York Teknoloji Enstitüsü'nde Bilgisayar Grafik Laboratuvarı'nın kurucusu olan Catmull, daha sonra 'Pixar' adıyla kendi şirketini kurmuştur.)

Işığın modellenmesinde kullanılan tekniklerin günümüzde geldiği en son noktayı, raytracing(ışın izleme) ve radiosity(yayınım) adı verilen teknikler belirlemiştir. Tekniklerin genel hedefi, ışığın ve gölgenin dokusunda, yansımalarda sanal gerçekliği yaratmaktır.

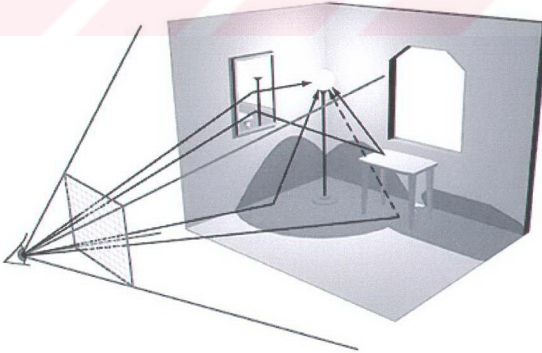
3.2.2 İleri Düzey Işık Modelleme Yöntemleri

Işın izleme(raytracing): Daha gerçekçi dijital imajlar hazırlamak için geliştirilen 'ray tracing' tekniği, Turner Whitted tarafından ortaya konulmuştur(1980). Raytrace tekniğinde; kurulan sahnede ki objeler arasından geçen ışık ışınları dahil, bakış açısından görülen bütün ışınlar hesaplanmakta ve değerlendirilmektedir(şekil3.6). Ayna türü yüzeylerden kaynaklanan yansımalar bile hesaplanmaktadır. Teknik, ressamın kendisiyle obje arasına düzlem koyarak görüneni resmetme yöntemine benzemektedir. Gerçek yaşamda bunun uygulanması çok daha kolaydır ve bilgisayar ortamında mükemmel programlama, geniş hafıza ve hızlı işlem gücü gerektirmektedir. Sonuç imajlar yüksek kalitede, gerçekçi imajlardır.

Boş bir mekanı tarayan ışık alanı ele alındığında, bu ışık alanını ifade etmek için ışınlar kullanılır. Bu ışınlar sonsuz sayıda olacaktır. Bu gerçek 'Monte Carlo' ray tracing tekniğinin temelini teşkil etmektedir. Sistem, eğer ışığın akışını takip eder ve lambadan çıkan ışınların izini sürerse, buna 'particle tracing' denmektedir. Particle tracing tekniğinin en önemli dezavantajı, ortamdaki ışınların büyük çoğunluğunun objelere yutulmasıdır. Eğer ışınlar gözlemciye ya da kameraya gitmezse görülemezler. Görülemeyen ışınlar yerine göz veya kameradan ortama geri dönen ışınları dikkate alan bir sistem geliştirilmiştir. Buna 'Monte Carlo path tracing' denmektedir

Sistemce yeterince ışın taranıyorsa, tekniğin path ya da particle tracing olması farklılık yaratmamaktadır, her ikisi de eşit sonuçlar vermektedir. Ancak yeterli denilebilecek ışın sayısının milyonlarca olması asıl sorunu yaratmaktadır.

Yazılımların yaklaşık ilk on yıllık gelişim sürecinin başlarında, hangi tekniğin kullanılacağına karar verirken, hedefin gerçekçi görseller mi yoksa fiziksel olarak kesin doğruyu veren modeller mi olduğu önem taşımıştır. Eğer amaç çoğu mimar ve teatral aydınlatma tasarımcısı için olduğu gibi, gerçekçi görseller üretmek ise, 'path tracing' tekniği doğru seçimdi. Ama program mimari aydınlatma tasarımcıları ve aydınlatma mühendisleri gibi teknik ekip tarafından kullanılacaksa, ışığın ortam içindeki bütün yayılımları önemliydi. Onlar içinse, 'particle tracing' tekniği tercih edilen yaklaşım olmuştur. 'Particle tracing' özellikle aydınlatma reflektörleri ve optik araçların tasarımında kullanılmıştır.



Şekil 3.6 Işın izleme (ray-tracing) yönteminin grafiksel anlatımı (3)

Ray tracing tekniğinin günümüzdeki genel tanımı 'monte carlo path tracing' yönteminin tanımından gelmektedir. Gerçekte aydınlatma simülasyonu yapılacak olan mekana yayılan sayısız foton bulunmakla beraber, bugün görselleştirme yazılımlarının yaygın olarak kullandığı ışın izleme(ray-tracing) yönteminde, göze ya da belirlenen kameraya çarpan fotonlar dikkate alınmaktadır. Algoritma, ışık ışınlarını, ekrandaki her bir pikselden, modele doğru ters doğrultuda izlemektedir. Bu sayede, sadece görüntüyü yaratmaya yetecek kadar bilgi işlemlenmektedir. Işın izleme(ray-tracing) yöntemi ile görüntü yaratımında bilgisayar ekranındaki her bir piksel için, aşağıdaki prosedür izlenmektedir:

1. Belirlenen bakış açısına bağlı olarak bakış yönünden (monitördeki pikselden) başlayarak geriye doğru bir ışık ışını bir yüzeye çarpıncaya dek izlenir.
2. Yüzeyin yansıtıcılık özellikleri modelin algoritmik tanımında girilmiştir ancak yüzeye gelen ışık miktarı işlemin bu aşamasında hesaplanır. Bu değer, yani toplam aydınlık düzeyinin belirlenmesi için, sistem, ışının yüzeye çarptığı noktadan, ortamdaki her bir ışık kaynağına doğru bir ışın izler. Eğer kaynağa giden ışın, ortamdaki başka nesnelere kesilmiyorsa, o kaynaktan çıkan ışık, yüzeyin rengini hesaplamak için kullanılır.
3. Işının çarptığı yüzey, parlak, düzgün yansıma yapan ayna türü bir yüzey ya da geçirgen bir yüzey ise, yüzey üzerinde oluşacak yeni görüntünün hesaplanması gerekir. Bir başka yüzeye karşılaşıncaya dek, 1. ve 2. aşamalar yansıma doğrultusunda tekrar eder.
4. Eğer ikinci yüzey de geçirgen ya da yansıtıcı ise, ışın izleme yöntemi tekrar eder; bu işlem maksimum sayıda yineleme işlemine erişilinceye ve ışınların kesişeceği yüzeyler bitinceye dek devam eder(Ashdown,1995).

Işın izleme tekniği, bir çok ışık etkisini modelleyebilmesi açısından çok yönlü bir algoritmadır. Direk aydınlatma, gölge, düzgün yansıma, kırılma olaylarının global aydınlatma karakteristiklerini doğru olarak hesaplayabilmektedir(Şekil 3.7). Ancak ışın izleme yöntemi, bilgisayar tekniği açısından pahalı ve ağır çalışan bir sistemdir. Global aydınlatmanın önemli karakteristiklerinden biri olan yayınık iç yansıma(interreflection)'yı ve dolayısıyla indirek aydınlatmayı hesaplayamamaktadır. Çünkü, sistem, kaynaktan gelen ışıkları dikkate almasına karşın, yüzeylerden yansiyarak ikincil ışık kaynağı gibi davranan ışık kaynaklarını dikkate almamaktadır. Bu yüzden direk ışık almayan yüzeyler gerçekte ortamdaki yansıyan ışınlarla aydınlanırken, ışın izleme yönteminde(şekil3.6'da masanın altında kalan bölüm gibi) tamamen karanlık kalmaktadır.

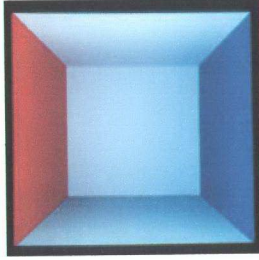


Şekil 3.7 1989'da PCG'de ray tracing yöntemiyle görselleştirilen 'Stair Tower, RhodesHall'(4)

Geleneksel ışın izleme yönteminde, endirek aydınlatmanın bu etkilerini karşılayabilmek üzere, ortam ışığı(ambient light) denilen bir sabit kullanılmaktadır. Bu değer, endirek aydınlatmanın fiziksel fenomeni ile bağıntısı olmayan ve ortam boyunca sabit alınan, isteğe bağlı bir değerdir. Bu yüzden ışın izleme yöntemi ile hazırlanan görüntülerde boyutsuzluk etkisi gözlemlenmektedir. Özellikle yayıncı yansıma yapan yüzeyler içeren mimari ortam benzetimlerinde, bu tür derinlik eksiklikleriyle karşılaşmaktadır.

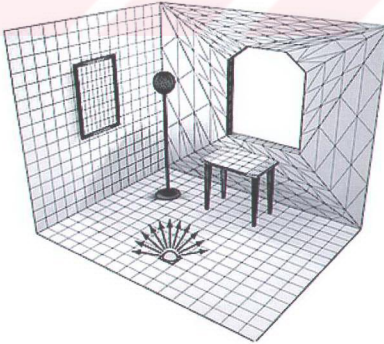
Yayıncı(Radiosity): Ray tracing algoritmalarının bir takım eksikliklerini çözmek üzere, araştırmacılar, global aydınlatma hesaplamaları için alternatif teknikler araştırmaya başladılar. 1960'ların başlarında termal mühendisleri, yüzeyler arasındaki radiatif ısı transferinin simülasyonu için metodlar geliştirmişlerdir. Bu araştırmaların amacı uygulamalarda tasarım performansını ölçmektir.

1980'lerin ortalarında bilgisayar grafik araştırmacıları, bu tür uygulamaları ışık yayılımlarının simülasyonları için araştırmaya başlamışlardır. Işın izleme(raytracing) tekniğinin bir üst basamağı olan 'yayınım'(radiosity) tekniğı bu araştırmalar sonucu, Cornell Üniversitesi'nden Don Greenberg ve grubu tarafından 1984 yılında ortaya atılmıştır(şekil3.8).



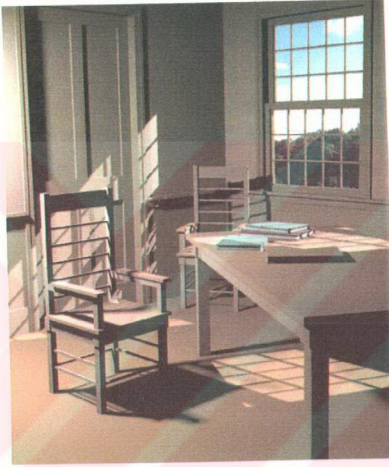
Şekil 3.8 'Cornell Box': Greenberg tarafından radiosity tekniğı ile oluşturulan ilk görüntü(1984) (4)

Yayınım (radiosity) tekniğı, ışın izleme tekniğinden esas itibariyle farklılaşmaktadır. Yayınım tekniğinde, ekrandaki her piksel için renk belirlemek yerine, ortamdaki farklı noktalar için yeğınlik hesabı yapılmaktadır. Bu işlem, orjinal yüzeyleri 'eleman' adı verilen alt yüzey parçalarına bölerek yapılmaktadır(şekil3.9). Yayınım işleminde, her bir yüzey parçasından bir diğere yayılan ışığın miktarı hesaplanmaktadır. Final radiosity değerleri, her bir eleman için korunmaktadır.



Şekil 3.9 Yayınım (radiosity) tekniğinin grafiksel anlatımı (3)

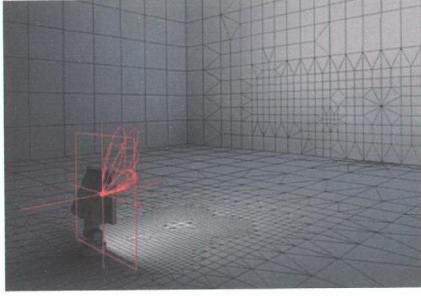
İlk uygulamalarda, yararlı bir sonucun ekranda görüntülenebilmesi için, radiosity algoritmaları, ışığın tüm mesh elemanları arasındaki yayılımının tamamen hesaplanmasını gerektirecek şekilde formülize edilmişti. Hatta sonuç, sahnenin bakış açısına bağımlıydı ve yeniden işleme ciddi bir zaman alıyordu. 1988'de radiosity algoritmalarının yeniden işleme bölümü tekrar formülize edilmiştir. İleri düzey geliştirilmiş radiosity tekniği (progressive refinement radiosity) olarak adlandırılan bu yeni teknik, kullanıcının kesin doğru ve görsel kalitesi yüksek hızlı görsel sonuçlar edinmesine olanak tanımıştır (şekil 3.10).



Şekil 3.10 1993'te PCG'de radiosity tekniğiyle işlenen 'Green Room' adlı çalışma(4)

Tekniğin çalışma mantığının anlaşılması için 'Lightscape' yazılımında yapılandırılan radiosity algoritmasının işleme sırası incelenebilir:

1. Yüzey öncelikle nispeten büyük parçalara bölünmektedir. Aralarında belirgin yeğnilik farklarının saptandığı birbirine komşu mesh elemanları, otomatik olarak ikinci bir alt-bölümleme işlemine tabi tutulmaktadır (şekil 3.11).
2. Işık her bir aydınlatma aygıtından, ortamdaki bütün yüzeylere yayılmaktadır. İkinci aşamada, bu ışığı engelleyen yüzeylerden kaynaklanan gölgeler hesaplanmaktadır.



Şekil 3.11 Yayınım (radiosity) tekniği yüzeyleri alt yüzey parçalarına bölmektedir(2)

3. Yüzey malzemelerinin özelliklerine bağlı olarak, gelen ışık enerjisinin bir kısmı yüzey parçalarının bir kısmı yutulurken, bir kısmı da yansıtılmaktadır. Radiosity tekniğinin önemli bir kabulü, bütün yüzeylerin tam yayınlık yansıma yaptırır(Lambert). Yani ışığı her doğrultuda eşit yansıtılmaktadır.
4. Ortamdaki bütün birincil ışık kaynaklarından enerji dağıtıldıktan sonra, algoritma, bütün yüzeyleri kontrol ederek, hangi yüzeylerin ışığı en fazla enerjiyi yansıtacağını belirler. Bu yüzeyler daha sonra ortamdaki diğer yüzeylere yansıyan ısı enerjisini yayan alan ışık kaynakları olarak kabul edilip, ikincil ışık kaynakları olarak işlenmektedir(endirek aydınlatma).
5. Ortamdaki enerjinin çoğunluğu yutulana dek bu işlem devam etmekte(enerji dengesi), ve simülasyon doğrulanma aşamasına gelmektedir(lightscape tutorial,1999).

Her bir ışık dağılımı bir yinelemedir. Simülasyonun doğruluk aşamasına ulaşması için gereken yineleme işlemi sayısı, ortamın komplike yapısına bağlı olarak değişmektedir. Çünkü, yinelemeler, öncelikle, en fazla enerjiyi alan yüzeyleri hesaplamak üzere sınıflandırılmıştır. Radiosity çözümlerinin başlangıç işlemleri bu yüzden daha hızlıdır. Sonlara doğru, yayılacak olan kalan enerji miktarı, görüntü üzerinde algılanamayacak kadar küçük farklılıklar yaratmaktadır. Bir yineleme bir sonrakinden çok farklı görünmediğinde, işlem durdurulabilmektedir. Çünkü bu aşamada, kabul edilir bir sonuç oluşmuş olacaktır.

Herbirinin avantaj ve dezavantajları olan çok sayıda radiosity metodu bulunmaktadır. Bunların çoğu 'Monte Carlo particle tracing' yönteminin benzeşikleridir. 'Path tracing' yönteminin ise radiosity tekniğinde karşılığı 'importance-based' radiosity olarak adlandırılmaktadır. Kullanıcı için asıl önemli olan, hem ray tracing hem de radiosity yönteminin global

aydınlatma modeli yaratma olanağı tanınmasıdır(Ashdown, 1996).

İki tekniğin karşılaştırılması: Ian Ashdown(1996), bu iki yöntemi ışık modellemede aynı yaklaşımın iki türevi olarak, ortak tanım aralığında birleştirmektedir; “Ray tracing metodu, bir yüzeyden diğerine dolaşan tek bir ışık ışını olarak ele alındığında, bir yüzeye çarptığı nokta, tek ve boyutsuz bir noktadır. Ortamdaki ışık ışınlarından rastgele bir kısmını taradıktan sonra, tek veri, bu noktalardan ne kadar ışık yansıtıdığıdır. Bir imajı ‘render’ edebilmek için, bu noktalar arasındaki yüzeylerden yansıyan ışık miktarının ara değerini bulmak gerekmektedir. Ne kadar ışın taranırsa, o kadar kesinleşmiş bir ara değer bulunacaktır. Radiosity bu işleme bir kısayol önermektedir. ‘Radiosity’, formların içerdiği matematiksel bilgilerden bağımsız, ‘mesh elemanları’ adı verilen yüzey parçaları arasındaki ışık akışını tarayarak, ‘eğer mesh elemanı A ışık yansıtıyorsa, bu ışığın ne kadarını mesh elemanı B alıyor?’ sorusunu cevaplamaktadır. Daha sonraki işlem, gouraud shading yöntemi ile sürekli yüzeyler oluşturan patch ler arasındaki yumuşak gölge geçişleri hesaplamaktır. Bu, ray tracing yönteminin basit bir genelleştirmesidir. İki ‘patch’in boyutları çok küçük birimlere çekilirse, bu bir ray tracing işlemi olur” (çizelge3.1).

Çizelge3.1 Radiosity-Raytracing Yöntemleri Karşılaştırma Tablosu

| Karşılaştırma kriterleri | | Işın izleme(raytracing) | Yayımlım(ra diosity) |
|---------------------------------|--|-------------------------|----------------------|
| Aydınlatma Kriterleri açısından | Direk Aydınlatma hesapları | √ | — |
| | Endirek Aydınlatma hesapları | — | √ |
| | Geçirgenlik hesapları | √ | — |
| | Düzgün Yansıma hesapları | √ | — |
| | Tam Yayımlık İç Yansıma hesapları | — | √ |
| | Yarı Yayımlık İç Yansıma | — | — |
| | Gölge hesapları | √ | √ |
| Kullanım Kolaylığı açısından | Bakış Açısından bağımsız sonuç verebilme | — | √ |
| | Hafıza gereksinimi | normal | yüksek |
| | Süre gereksinimi | normal | yüksek |

Aslında ray tracing ve radiosity teknikleri Raytracing ve radiosity algoritmalarının her ikisi de tek başına global aydınlatmanın tüm etkilerinin benzetimini yapabilecek çözümlü sunamamaktadır. Ancak, bu iki teknik birbirinden farklı olmakla birlikte, birçok açıdan, birbirlerini tamamlayıcı niteliktedirler. Herbirinin kendi dezavantaj ve avantajları vardır. Radiosity, tam yayınlık iç yansımalar konusunda mükemmelleşirken, ray tracing, düzgün yansımalar konusunda mükemmelleşmiştir. Radiosity, raytracing tekniği ile aynı tür hesapları yapmakta, ama belirlenen tek bir bakış açısına göre oluşan ışık dağılımlarını değil, sahnedeki tüm ışık dağılımlarını hesaplamaktadır. Raytracing tekniği kullanılan bir sahnede, bakış açısı hareket ettiği an, bütün hesaplar tekrarlanmaktadır. Ama radiosity tekniği kullanılan sahne tümüyle tanımlıdır ve tekrar işlem gerektirmemektedir. Bu yüzden radiosity tekniği, interaktif sanal ortam yaratımlarında kullanılacak animasyonlar için avantajlıdır.

Gerçekçilik bağlamında, radiosity tekniğinin, raytracing tekniğinden üstünlüğü; gerçek ışık etkilerini tanımlayıcı, özellikle gölge ve geçirgen renk etkileri ile ilgili daha üst düzey hesaplar yapıyor olmasıdır.

Bu yöntemler zamanla birlikte kullanılır hale gelmiştir. Her iki yaklaşımın da avantajlarını kullanan akıllı algoritmalar geliştirilmiştir. Örneğin Lawrence Berkeley Laboratuvarı'nın 'Radiance' programı, verilen bir bakış noktasından yüzeylerden yansıyan yayınlık ışığın dağılımını hesaplayan path tracing tekniğini kullanmaktadır. Sonuç hem fotorealistik hem de fiziksel olarak kesin doğru imajlardır. Sadece görsel etki için üretilmiş bir çok ray trace imajdan farklı olarak; 'radiance' imajları, atanan aydınlık düzeyleri, ışıklılık eğrileri ve görsel performans kriterleri açısından sayısal olarak analiz edilebilmektedirler.

Ray tracing ve radiosity tekniklerinin birbirlerinden farklı uzmanlaşmış alanları olduğu bir gerçektir. Örneğin ray tracing, noktasal ışık kaynakları, aynasal yansımalar ve kırılma efektlerinde başarılı sonuç verirken; radiosity, alan ışık kaynakları, yayınlık yansımalar, 'color bleeding' efekti ve realistik gölgelerde üstünlük göstermektedir. Bu özelliklerin önem dereceleri uygulama alanına göre değişmektedir. Ticari yazılımların çoğu, bir global aydınlatma yöntemi olarak radiosity tekniğinin yanı sıra, ray tracing olanaklarını da sunmaktadır.

Mimari uygulamalar için, gerçekçi imaj hazırlamaya yetkin bir yazılıma, spesifik aydınlatma ve donatılarına dair veriler ile armatür kütüphanesinin de girilebiliyor olması gerekmektedir. Yakın zamana kadar bu tür yazılımlar hem ekonomik, hem de pratik olmaktan uzaktı. Parametrik bir aydınlatma yazılımına radiosity fonksiyonunun entegre edildiği ilk bilgisayar

platformunu Sonata'da Giuliano Zampi yaratmıştır. Bugün, iyi programlanmış radiosity yazılımlarına, bu tür profesyonel aydınlatma dataları ve hesap yazılımları entegre edilebilmekte, ya da parametrik programlara radiosity fonksiyonu girilebilmektedir (şekil3.12).

Işığı modelleyebilen yazılımlar, mimarların ışığı anlayış biçimlerini değiştirip, ışığın davranışları ile ilgili bilgilerini pekiştirebilecekleri çalışma platformları sunmaktadır.

Bilgisayar yazılımları bina inşasının her safhasında sanal olarak yerini almaktadır ve aydınlatma sistem tasarımı ve spesifikasyonu da bu safhalardan biridir. Mimarların gelişmiş tasarım programlarından, daha az karmaşık ama yararlı paket programlara kadar değişken seçenekleri vardır.



Şekil 3.12 1987'de yapılan 'Steel Factory' çalışması PCG'nin ilk komplike radiosity görseliydi(4)

3.3 Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Yazılımların İncelenmesi ve Karşılaştırılması

Bu bölümde, aydınlatma tasarımında kullanılan yazılımlar, mimara, mimari tasarım sürecinde ışığı sorgulayabileceği platformu sağlayabilmeleri bağlamında incelenmiştir. Bu açıdan bakıldığında, yazılımların özellikle ışığın niteliğine ilişkin özellikleri ile nicel olarak gerçeğe en yakın ortamı sunabilmeleri önem kazanmaktadır.

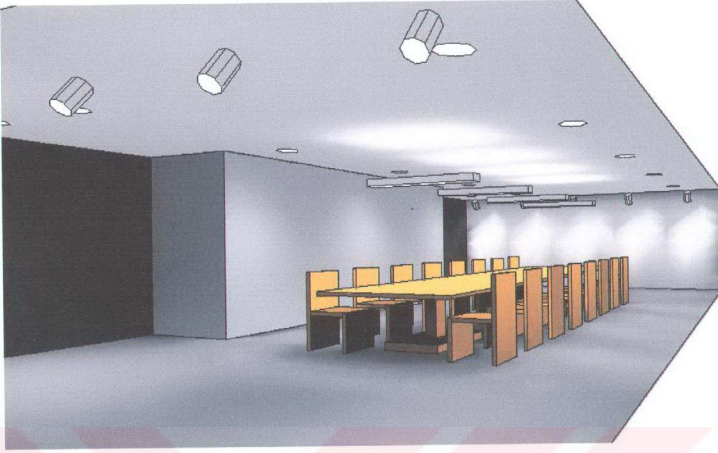
Mimari aydınlatma tasarımında kullanılan aydınlatma programlarının incelenmesi doğrultusunda, aydınlığın sadece nicelik olarak değil, nitelik olarak da analiz edilebilmesi açısından genel olarak birbirinden farklılaşan iki program türüne rastlanmıştır. Bu iki program aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- 1) Basit düzey grafik görselleştirme sağlayan aydınlatma hesap programları
- 2) İleri düzey gerçekçi görselleştirme sağlayan aydınlatma programları

İlk kategoride yer alan programların genel özellikleri:

- Basit düzey ışığı görselleştirme algoritması ve basit düzey modelleme altyapısı,
- Parametrik veri girişi sağlayan kapsamlı arayüzle, firma ürünlerinin, IES standartlarındaki spesifik değerlerinin programa veri olarak girilebilmesi,
- Yüklü donanım ihtiyacı gerektirmemeleri,
- Kullanım arayüzlerinin pratikliği,
- Kullanım amaçlarının temel olarak aydınlık düzeyi hesapları olmasıdır .

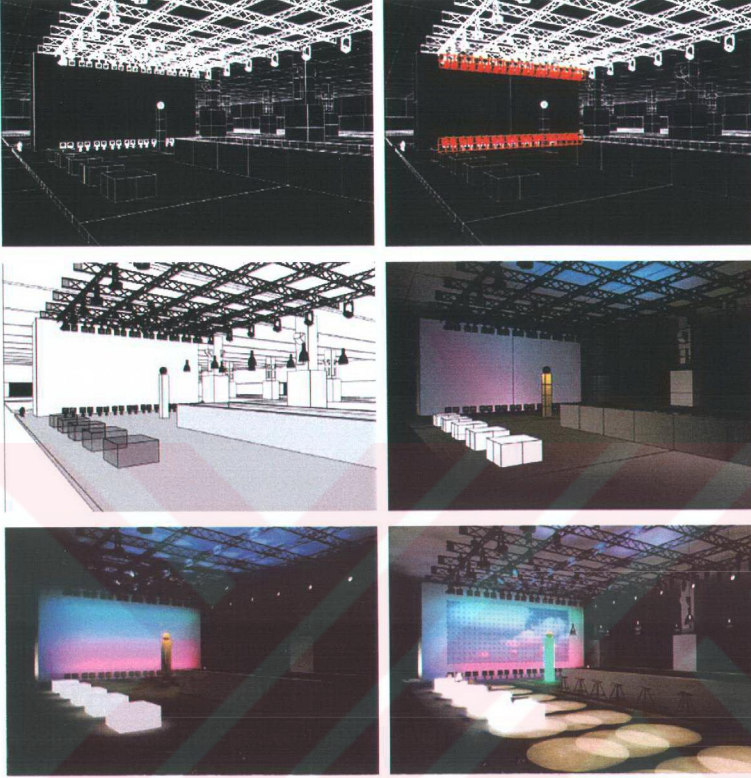
Bu programların basit düzey modelleme altyapısı ancak prizmatik mekansal kurguların oluşturulmasına imkan verebilecek niteliktedir. Çok yönlü eğrisel formlardaki mekan çözümlerinde ihtiyaca cevap verememektedir. Ancak programlar özellikle Aydınlatma sektörünün rutin çalışma ortamında pratik kullanımı için hazırlandığından, uluslararası normlarda hazırlanmış olan aygıt ışık verilerinin belli formatlarda girdi olarak kullanılmasına imkan vermektedir. Basit düzey grafik görselleştirme algoritmalarıyla aydınlık düzenlerinin nitelik araştırmasına kısıtlı da olsa yardımcı olmaktadır(Dialux, Relux, Silicht;...vb.). Bu programlarda ağırlıklı olarak üzerinde durulan avantaj, ganiometrik diyagram, yeğnilik diyagramı, yanlış renk(false color) gösterimi, ...vb. aydınlatmaya ilişkin rakamsal ve grafiksel veri çıkışı sağlamalarıdır. Bu yüzden aydınlatma sektöründe projelendirme aşamasında aydınlatmanın hesaplamaya dayalı verileri için yaygın bir kullanım alanları vardır(Şekil 3.7).



Şekil 3.13 Dialux programıyla yapılan basit düzey grafik görselleştirme(lamp83,2001)

İkinci kategoride yer alan programların genel özellikleri:

- İleri düzey gerçekçi görselleştirme algoritmaları kullanmaları,
- 3 boyutlu modelleme programlarıyla veri alışverişi yapabilmeleri sayesinde karmaşık geometrilerle çalışabilmeleri,
- Firma ürünlerinin, IES standartlarındaki spesifik değerlerinin programa girilebilmesi, coğrafi konum, mevsim, güneş saati ve bulutluluk oranı değişkenlerine göre günışığı tanımlama ve görselleştirmedir(şekil3.14).



Şekil 3.14 İleri düzey görselleştirme algoritmalarıyla çalışan lightscape programının işlem dizgisine bir örnek(2)

Mimari tasarım sürecinde tasarımın görselleştirilmesi suretiyle sınanması ya da analiz edilmesi günümüzün bilgisayar teknolojileriyle yaygın bir tasarım yöntemi haline gelirken, mimaride aydınlatmanın görsel analizi de ileri düzey gerçekçi üç boyutlu görselleştirme programlarının tanıdığı olanaklarla mümkün hale gelmiştir. Güncel kaynaklardan araştırılan yazılım sektörünün son gelişimlerine göre, sözkonusu programların en gelişmiş örnekleri aşağıda genel özellikleriyle irdelenmiştir:

Lightscape: Autodesk Inc. 'Discreet Logic' tarafından geliştirilen 'Lightscape Visualisation System', tescilli 'radiosity' algoritmaları ile fiziksel tabanlı aydınlatma arayüzünü biraraya getiren yeni jenerasyon bilgisayar grafik programıdır. Fiziksel tabanlı aydınlatma ortamına 'radiosity' ve 'ray-tracing' tekniklerini entegre eden ilk ticari yazılım 'Lightscape' tir(ek2).

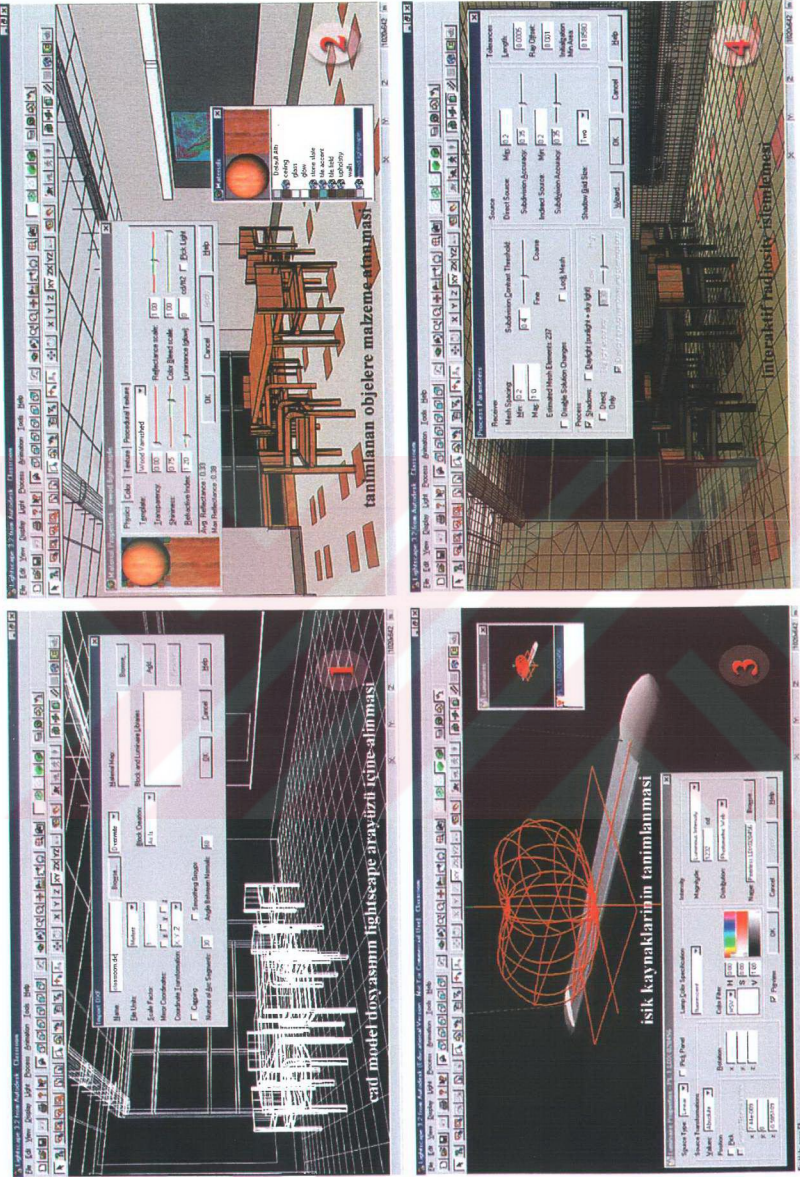
Lightscape yazılımının en önemli özelliği, global aydınlatma etkilerinin doğruya yakın simülasyonunu yaratabiliyor olmasıdır. Sistem, iki entegre görselleştirme bileşeni içermektedir. İlk bileşen, gelişen radiosity tekniklerini kullanmaktadır ve içinde bulunduğu ortamla birlikte yayınlık ışık dağılımının, bakış açısından bağımsız simülasyonunu oluşturmaktadır. Sistem, dolaylı aydınlatma, yumuşak gölge ve yüzeyler arası ‘color bleeding’ gibi algılanması güç ama önemli efektlere hakimdir. ‘Ray tracing’ tekniklerini kullanan ikinci bileşen ise final işlem olarak, radiosity ile işlenmiş sonuç sahnesine düzgün parlamaları(specular highlights), yansımaları ve geçirgenlik efektlerini eklemektedir.

Birçok üç boyutlu görselleştirme yazılımı, yüzey gölgelerini imaj oluşturulurken hesaplamaktadır. Lightscape’in ‘radiosity’ bileşeni, ortamdaki yayınlık enerji dağılımını önceden hesaplamakta ve bu ışık dağılımını 3 boyutlu modelin bir parçası olarak korumaktadır. Böylelikle, ortaya çıkan ışık ağı(mesh), ekranda süratle gösterilebilmektedir. Gelişmiş(OpenGL teknolojisi gibi) gösterim yöntemleri kullanılarak, Lightscape, tüm grafik hızlandırılmış kartların sağladığı olanakları kullanmaktadır. Program, tümüyle simülasyonu yapılmış ortamlarda, interaktif olarak hareket etmeye imkan sağlamaktadır.

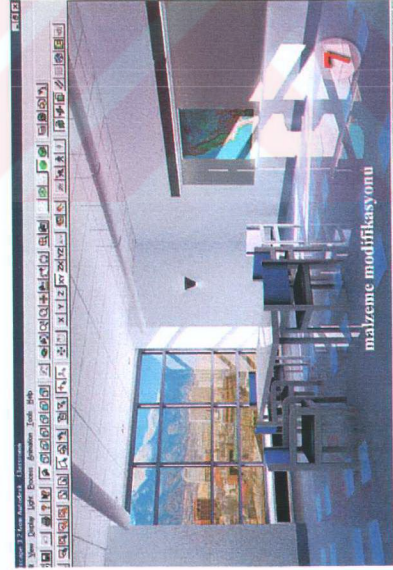
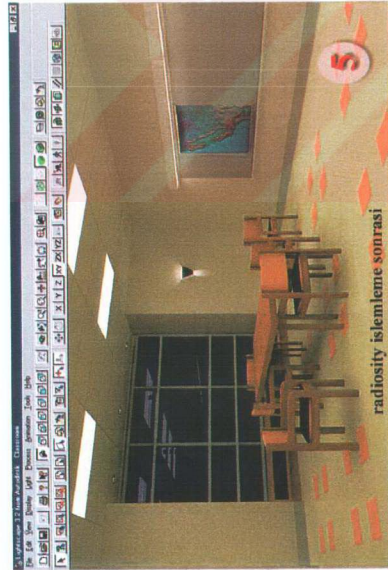
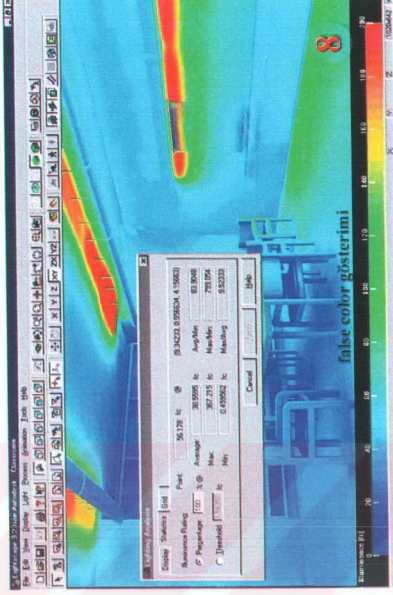
Yazılım, hizmet verdiği kullanıcı profili çeşitliliği ile zengin bir ticari pazara sahiptir. Lightscape, mimari aydınlatma tasarımının yanı sıra film prodüksiyonu, basın-yayın ve özel efektler, bilgisayar oyunları, web tabanlı interaktif ortamların yaratımı için kullanılmaktadır.

‘Scan-line’ ve ‘raytracing’ tekniklerinden farklılık gösteren ‘radiosity’ tekniği ile program, kullanıcının gerçek ürün kaygısına cevap verebilmektedir. Diğer yazılımlara göre, gerçek fiziksel aydınlatma kurallarının çok daha iyi entegre edildiği bir sanal çalışma platformu yaratmıştır. Işık kaynakları tüm parametrelerine müdahale edilebilir bir arayüzde tanımlanmış ve yansıma, yansıtma hesapları dikkate alınmıştır. Öte yandan diğer autodesk yazılımlarıyla tanışıklığı olan kullanıcılar, kolay anlaşılır bir arayüzle çalışma olanağı bulmaktadırlar(şekil3.15a-3.15b).

Bir mimari tasarımda, alınacak ışık kararlarını etkileyecek olan malzeme özellikleri, aydınlatma armatürü özellikleri ve yüzeylerin tüm yansıtma ve soğurma özellikleri doğrudan yazılım içinde yapılandırılmış ve katı model aşamasındaki bir çalışmayı, son ürün aşamasına getirecek sonsuz işlem kapasiteli bir laboratuvar geliştirilmiştir. Bu sayede mimar ve aydınlatma tasarımcıları, proje üzerinde öngördükleri ışık etkileri altında, tasarımın gerçek dünyada nasıl görüneceğini önceden sınıma ve müşteriye aktarma şansına sahiptirler.



Şekil 3.15a Lightscape programı arayüzünde ilk 4 işlem sıralaması(3)



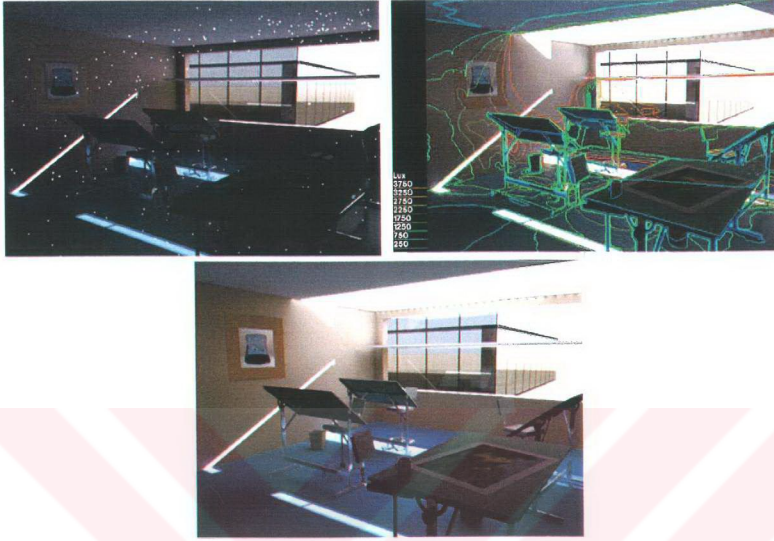
Şekil 3.15b Lightscape programı arayüzünde ikinci 4 işlem sıralaması(3)

Radiance: Lawrence Berkeley Laboratuvarı(LBL) Yapı Teknolojileri programı tarafından geliştirilen yazılım, unix işletim sistemi içinde yapılandırılmıştır. Greg Ward Larson'ın 10 yıldan fazla süren çalışmasının ürünü olan 100'den fazla unix komut satırından oluşan, birkaç interaktif programla desteklenen bir paket programdır. Radiance ilk olarak 'ray-tracing' tekniğini araştırmak ve geliştirmek üzere bir çalışma platformu yaratmak için hazırlanmıştır. İlk dönemlerde, 'Birleşmiş Milletler Enerji Departmanı', daha sonra etkin enerji kullanımı için bir aydınlatma ve günışığı tasarım aracı geliştirilmesi talebinde bulunan İsviçre Federal hükümeti tarafından desteklenmiştir. Programın üzerinde durduğu kriterler, pratiklik, kullanılabilirlik ve fiziksel doğruluk kriterleridir. Daha sonra yazılım, araştırma ve tasarım çevrelerinde daha popüler oldukça ve daha çok probleme yanıt vermeye başladıkça, genelleşme, çoğunluğa hitap etme özelliği de önemli kriterlerden biri haline gelmiştir(Larson, 1998).

Radiance'ın amacı; mimari mekanların aydınlık değerleri tahminlerini ve fiziksel olarak doğrulanmış görselleştirme işlemlerini yapmaktır. Yazılımın başarısı; yapıların tasarımında yapılan hataların, bitmiş yapılarda değil, yazılımın sunduğu simülasyon ortamında sorgulanmasını sağlamasıdır. Fiziksel olarak doğruyu hedefleyen 'rendering' sistemi; gerçek dünya problemlerini doğruya yakın şekilde taklit edilebilirliği ile yüksek kalitede gerçekçi imajlar üretebilmekte ve sonuç ürünler kullanıcının yazılımlara yaklaşımını şu bağlamda etkileyebilmektedir: "Temel ilke foto realite değil, foto doğruluk olmalıdır." (Larson, 1998)

Radiance'ın yaratıcıları sistemin gelişiminde 3 temel prensibin etkili olduğunu belirtmişlerdir:

1. Aydınlatma tasarımcıları için faydalı olabilmesi açısından hesapların fiziksel olarak tam doğruluğu. Bu yüzden ray-tracer'a bir yayıncı yansıma (diffuse interreflection) bileşeni eklenmiştir(radiosity'e benzer bir bileşen).
2. Tasarımcıların sistemi çalışmalarında kolay kullanabilmeleri açısından pratik olması gerekmektedir. Bu da, sistemin CAD sistemlerinden alınan veri ile çalışabilmesi demektir.
3. En zor aydınlatma problemlerinin bile üstesinden gelebilecek kullanılabilirlikte kalabilmesi için, hesaplarda mümkün olduğunca genelleşmiş olmalıydı. Bu da , ikincil ışık kaynakları, komplike geometriler gibi problemler için daha yeni ve daha etkili hesaplama tekniklerinin geliştirilmesi demektir(şekil 3.16).



Şekil 3.16 Radiance görselleştirme teknikleri(5)

Radiance, özellikle günışığı hesaplarında benzersiz çözümler sunmaktadır. Autocad içine entegre edilmiş basit bir menü ile Desktop Radiance fonksiyonel erişimli bir sistemdir. Aydınlatma elemanları ve tefriş elemanları kütüphanesi entegrasyonu: özelleşmiş malzemeler tanımlamak ve oluşturmak için malzeme editörü geliştirilmiştir. Grafik paletlerden seçilebilen renk, yansıtıcılık ve doku değerleri ile özel malzeme tanımlanabilmektedir.

En basit ayarlardan (gün zamanı, gökyüzü hava koşulları), karmaşık ayarlara (endirek ışık ve yumuşak gölge etkileri) kadar geniş kontrol mekanizması, interaktif 'rendering' işlemi ile işleme sürecinde müdahale imkanı, nicel ve nitel veriler için imaj üzerinde analiz olanağı sistemin belli başlı özellikleridir (ek 3).

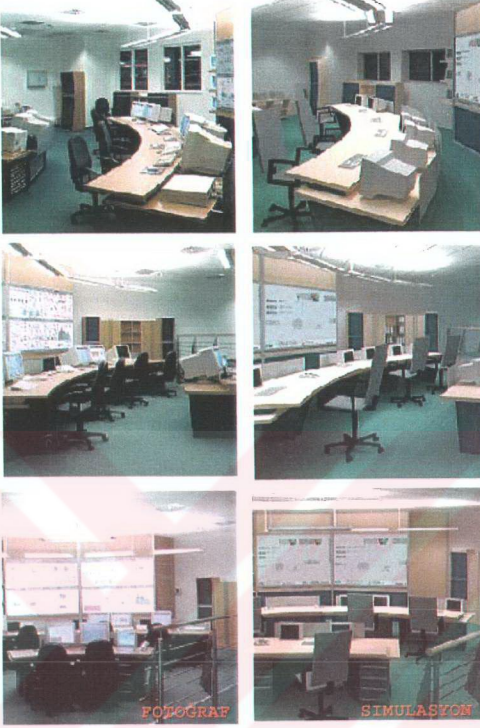
Yazılım sektörünün, aydınlatma profesyonellerine ve mimarlara sunduğu program çeşitliliğinin geldiği son noktada amaç, kullanım amaçları doğrultusunda birbirinden farklılaşan bu programların, karşılıklı veri alışverişinin sağlandığı paket programlara dönüştürülerek, kullanıcıya tasarımın her aşamasında birbiriyle etkileşimli birkaç programla hitap etmektir. Bu paket programlar, hem aydınlatma problemlerine özel (iç mekan, yol aydınlatma, günışığı aydınlatma, tünel aydınlatma ...vb.) pratik hesap programlarını, hem de

ileri düzey gerçekçi görselleştirme programlarını içeren aydınlatma tasarım sistemleridir(örn. Siemens-Siteco program paketi, Lumen Micro...vb.).

Siemens-Siteco aydınlatma tasarım sistemi: Siteco aydınlatma firmaları için geliştirilen sistem, dört programdan oluşan bir paket program türüdür. Ancak firmaya özel ürettiği için, sisteme entegre edilen ürün kütüphanesi sadece bu firmanın ürünleriyle sınırlıdır. Sistemin bileşenlerinden biri, iç mekan aydınlatmada planlama amacıyla geliştirilen 'Silicht' programıdır. Bu program, çalışma düzlemi, tavan ve duvarlar için aydınlık seviyesi, düzgünlük oranı ve parlıtyı hesaplamak için tasarlanmıştır. Armatür yerleşimi, tanımı, boyutları, ampül tipi ve özellikleri ile ilgili veri girişine imkan sağlamaktadır. Mekanın işlevine göre uluslararası standartlara uygun olarak alınan aydınlık seviyeleri doğrultusunda, program belirlenen seviyeyi sağlamak üzere kaç armatür kullanılacağını ve armatürler arası mesafenin ne olacağını belirlemektedir. Bu bağlamda program kısıtlı problem alanına cevap verebilecek bir hesap programıdır.

Aydınlatma tasarım sisteminin ikinci bileşeni üç boyutlu gerçekçi görselleştirme aracı olan 'Siview'dir. Geriye ışın izleme metodunun uygulandığı 'Radiance' sistemini Siemens patentiyle kullanan program, 'Autocad' programı altında çalışmaktadır. Program, yapay aydınlatma aygıtları ve malzemeye ilişkin parametrik veri girişi ve hesabına imkan verirken, günışığı hesaplarında da coğrafi konum, tarih ve saat kontrollü sonuç üretebilmektedir(şekil3.17).

Sistemi oluşturan bir diğer program, dış aydınlatma projelerinde (cephe, çevre, meydan, spor kompleksleri, stadyum, vb.) aydınlatma hesabı yapmak amacı ile tasarlanmış olan 'Sisport' adlı programdır.. Yatay ve dikey düzlemler için aydınlık seviyesi, parlıtı ve düzgünlük oranlarını hesaplayarak, direk yüksekliği, direk ve armatür yerleşimi, tanımı, ampül tipi ile ilgili bilgileri vermektedir. Yol aydınlatma projelerinde aydınlatma hesabı yapmak için de bağımsız bir program olarak 'Sistra' geliştirilmiştir. 'Sistra', yol düzlemindeki aydınlık seviyesini, parlıtı ve düzgünlük oranlarını hesaplayarak, direk boyutları(yükseklik, konsol boyu, açısı), direk ve armatür yerleşimi, tanımı, ampül tipi ile ilgili bilgileri vermektedir.



Şekil 3.17 Siview programı görselleri ile fotoğraf karşılaştırması(6)

Sistem Karşılaştırması:

Aydınlatma tasarımında kullanılan ileri düzey gerçekçi üç boyutlu görselleştirme programlarının yeterliliğine ilişkin yapılacak bir karşılaştırma araştırmasının bir fizikçi, bilgisayar bilimci ve aydınlatma profesyonelinin uzmanlığı ile yürütülmesi, varolan tüm parametrelerin kullanım kolaylığı ve gerçeğe yakınlığının, sonuç ürünün yeterliliğinin sınanması gerekmektedir. Bu araştırmalardan alınan sonuçlar ancak yazılımların mimarlık ortamına yeterli geri beslemeyi sağlayıp sağlayamadığını, gelişmelerin hangi yönde olması gerektiğini ortaya koyabilecektir.

Yapılan kaynak taramalarında, bilgisayar teknolojilerinin dinamik yapısı gereği henüz oldukça yeni olan konuyla ilgili olarak, yazılımları bilimsel yetkinlikle karşılaştırabilecek otoritelerin çalışmalarının eksikliğiyle karşılaşmıştır. Çok sayıda ticari amaçlı karşılaştırma

çalışmasına karşın, objektif bir yaklaşımla yazılımların teknik altyapısının irdelendiği bilimsel çalışmalara az sayıda rastlanmış ya da söz konusu bilimsel kaynaklara yayın organlarının politikaları gereği erişilememiştir. Rusya Bilim Akademisi(Russia Academy of Sciences)'nden Andrei B. Khodulev ve Moskova State Üniversitesi(Moscow State University)'nden Edward A. Kopylov'un yürütmüş oldukları “Bilgisayar grafik yazılımlarında fiziksel olarak doğru simülasyon” adlı araştırma(1996), programların parametrik altyapısının mimari kullanım amaçları doğrultusunda incelenişine bir örnektir:

Yapılan bu araştırmanın amacı, üç farklı bilgisayar grafik sisteminin, fiziksel olarak doğru global aydınlatma simülasyonu verebilme yeterliliklerini karşılaştırmaktır. Karşılaştırmanın temel kriteri bu sistemlerin fiziksel doğruluğudur. Bu çalışmada sözü edilen grafik sistemleri ve karşılaştırma kriterleri, mimari aydınlatma tasarım aracı olarak bu grafik sistemlerinin hangi kriterlerle sınanması gerektiğine açıklık getirecek niteliktedir.

Araştırmacılar aşağıdaki sistemleri karşılaştırmıştır:

- Lightscape Visualisation System(LVS-versiyon1.2.4; eğitim amaçlı sınırlandırılmış versiyon kullanılmıştır).
- Specter (versiyon 4.83.1)
- Radiance (versiyon 2.5)

Tüm bu sistemler global aydınlatma analizine imkan sağlayan, ancak global ışık yayılım denklem çözümü için farklı yaklaşımlar kullanan sistemlerdir(çizelge3.2).

Çizelge 3.2 Karşılaştırılan grafik sistemlerin kullandığı ışık yayılım denklemleri

| KARŞILAŞTIRILAN SİSTEMLER | KULLANDIKLARI IŞIK YAYILIM DENKLEMLERİ |
|---------------------------|--|
| Lightscape | Radiosity Backward ray tracing |
| Specter | Bi-directional ray tracing (Forward Monte Carlo Ray Tracing- Backward Monte Carlo Ray Tracing) |
| Radiance | Backward Monte Carlo Ray Tracing |

Araştırmacılar, bu sistemlerin karşılaştırılmasında aşağıdaki kriterlerin belirleyici olduğunu vurgulamışlardır:

1. Sahne tanımının kapsamı ve fiziksel doğruluğu:

Bu kriter, aracın imkan sağladığı ışık kaynağı tipleri ve malzeme özelliklerine bağlıdır. Işık ile malzeme etkileşiminin fiziksel mekanizmasının nasıl tanımlandığı önemlidir.

2. Global ışık yayılım modelinin tamlığı:

Buradaki tamlık kavramı, mümkün olan tüm ışık yayılım biçimlerinin dikkate alınması anlamındadır.

3. Simulasyonun doğruluğu, bu doğruluğun kontrolü ve gözleminin kullanıcı tarafından yapılabilirliği:

Değerlendirilen tüm sistemler, işleme süreciyle doğru orantılı olan simulasyonun doğruluğunu arttırabilme kontrolünü sağlamaktadır. Bu bağlamda doğruluk kriteri işleme hızı kriterine bağlıdır.

4. Sistemlerin kullanıcı arayüzünün interaktivitesi ve hesaplama sonuçlarının gösterimi:

Sistemin fiziksel doğruluğuyla ilişkili olmamakla birlikte bu özellikler sistemin kullanılabilirliğini test etmektedir.

Araştırma bu kriterlerle ortaya konulan bakış açısından sistemleri analiz etmiştir. Bunun yanı sıra, deneysel karşılaştırmayla da sistemin sunduğu simulasyonun doğruluğu test edilmiştir.

1. Sahne tanımının kapsamı ve fiziksel doğruluğu:

Lightscape, üç tür ışık kaynağının kullanımına imkan vermektedir: noktasal, lineer ve alan ışık kaynakları. Objelere öz ışıklılık özelliği atamasıyla, alan ışık kaynağı yaratılabilmektedir. Gün ışığı kullanımı mekanizmasıyla kısmen paralel ışık kaynağının yokluğu giderilmeye çalışılmıştır. Ayrıca sistemin gelişmiş versiyonu, IES formatında genel ışık dağılımı tanımlama ve veri alma fonksiyonuna sahiptir.

LVS, objelere kendinden ışıklılık ve doku(texture) atama özellikleri sağlamaktadır. Malzemelerin tüm karakteristik özellikleri, düzgün ve yayıncılık unsurlarının bileşimiyle tanımlanmaktadır. Daha kesin bir anlatımla, malzeme tanımı; düzgün ve yayıncılık

renkler, ‘raytracing’ işlemiyle yansıtıcılık etkilerini gerçekleştiren düzgün yansıtıcılık, malzemenin düzgün yansıma rengine ve kırılma indisine bağlı olarak renkli gölgelerin oluşumunu sağlayan ‘bağlı geçirgenlik’ özellikleridir. Sonuç olarak araştırmaya göre; LVS sadece tam yayınlık yansıma ve ideal düzgün yansıma, geçirgenlik ve kırılmayı destekleyen basit ve sınırlı bir yansıma modeli ortaya koymaktadır. İdeal Lambert yansıma yayılım fonksiyonundan daha komplike durumları sistem desteklememektedir.

Specter ise, yayılan ışığın Lambert doğrultusal dağılımı (lambertian directional distribution) ile istenen her şekildeki ışık kaynağını, kendinden ışıklı obje tanımlanması ile sağlamaktadır. Bunun yanında, her birinin doğrultusal ışık dağılımını gösteren ganiometrik diyagramının çıkarılabildiği noktasal, çizgisel, paralel, prizmatik ve dairesel gibi bir kaç standart ışık kaynağı tipinin kullanımına da imkan sağlamaktadır.

Specter, basit yayınlık-düzgün yansıma ve geçirgenliğe ek olarak, çift yönlü yansıma yayılım fonksiyonu(bidirectional reflection distribution function-BRDF) yardımı ile, yön bağımlı yansıma(düzgün ve yayınlık) ve geçirgenliği desteklemektedir. Ayrıca sistem malzeme atama olanağı vermektedir. Yüzele atanan özelliklerin yanısıra, kırılma indisi ve azalma çarpanı gibi hacimsel özelliklerin de parametrik verilerini içermektedir.

Radiance sisteminde, objelere verilen ‘kendinden ışıklılık’ özelliği ile ışık kaynakları yaratılabilmektedir. Bu sistemde, noktasal ya da konik ışık kaynakları tanımlama imkanı yoktur. Noktasal ışık kaynağı için sağladığı en iyi yaklaşım, küçük ışıklı küre olabilmektedir. Bu bağlamda, objeler için tanımlanan kendinden ışıklılık özelliği sisteme belirli sınırlamalar getirmektedir. İyi sonuç alabilmek için, poligonların dörtgen şeklinde olması, halka formlarının iç çapının sıfır(0) olması, silindir formların yeterince uzun olması ve konik formların kullanılmaması bu sınırlamalardan bazılarıdır. Ayrıca Radiance sisteminde, yine dairesel ve eliptik ışık kaynaklarında doğru sonuç verememekle birlikte, IES ışıklık verilerinin Radiance ortamına girilebilmesi amacıyla geliştirilen bir çeviri işlemcisi bulunmaktadır.

‘Radiance’ta; bir malzeme özelliğinin ‘Specter’ sisteminde olduğu gibi parametrelerle yaratımı yerine, sistemin altyapısına standart malzeme tipleri girilmiştir(plastik, metal..v.b.). ‘Specter’ sisteminde genel nitelik parametreleriyle tanımlanan yansıma modeli, ‘Radiance’ sisteminde her bir malzeme türü için farklı tanımlanmıştır. ‘Radiance’ sisteminde, malzeme tiplerinin strüktürleri birbirinden farklıdır ve karmaşıklığı kullanım güçlüğü doğurmaktadır.

Radiance’ın temel yansıma modeli, ‘Specter’da olduğu gibi, yüzeylerin her iki tarafı için de

düzgün ve yayıncı yansıma etkileşimini dikkate almaktadır. Sistem, 'Fresnel kuralı' ve BRDF'yi kullanmaktadır. Ancak, 'Radiance'ın düzgün yansıma hesaplarında; 'BRDF' işlemi sürecinde sadece direkt(dolaysız) ışık kaynaklarından gelen ışık dikkate alınmaktadır. Buna ek olarak, Radiance, yönelimli eliptik aydınlatmada olduğu gibi, farklı doğrultularda değişen(anisotropic) yansımaları da işlemleyebilmektedir(Khodulev ve Kopylov,1996).

2. Global ışık yayılım modelinin tanımı:

Lightscape sisteminde konumlandırılan 'radiosity' algoritmaları, ortamdaki yayıncı ışık enerjisi dağılım simülasyonlarını yaratmaktadır. Sistem, ileri düzey radiosity algoritmaları(progressive radiosity algorithm) üzerine kuruludur. Bu algoritmalar sayesinde sistem, ışık kaynağı ve malzeme tanımlamalarında yapılan değişiklikleri(modifikasyonlar) hızla karşılayıp, işlemlemeyi baştan almaksızın görüntü verebilmektedir. Simulasyon, ekrandaki her bir piksel için yapılan 'backward raytracing' işlemi sonrası sonuçlanmaktadır(şekil 3.18).



Şekil 3.18 Lightscape sisteminde global aydınlatma modelinin ışık dağılım şeması (Khodulev ve Kopylov,1996)

Gerçek sahne kurgularıyla yapılan karşılaştırma, LVS modelinin yetersizliklerini ortaya koymuştur. LVS aydınlatma modelinin dezavantajları; yayıncı kırılma olayını dikkate almıyor olması ve düzgün-yayıncı yansıma arasındaki durumları tümüyle destekleyememesidir. Pratikte bunun anlamı, geçişen nesnelere kırılan ya da ayna yüzeylerden yansıtılan ışıklar tarafından aydınlatılan yayıncı yansıma yapan yüzeylerin dikkate alınmamasıdır.

Specter'da düzgün ve yayıncı yansıma yapan objelerden oluşmuş sahneler için ışık dağılım modelini, çift yönlü (bi-directional) raytracing algoritması oluşturmaktadır. Bu özellik, düzgün ve yayıncı yansımalar için uzun ve tekrarlı hesaplar gerektiren modellerin doğru simülasyonlarının alınmasına imkan tanıması açısından oldukça önemlidir.

Radiance modeli, Specter sisteminin aksine ışığın ters yönde takibinde raytracing işlemiyle sınırlıdır. Radiance, yüzeyleri ‘patch’ denilen alt parçalara bölerek, her bir ‘patch’ için aydınlık düzeyi hesaplamakta ve sonuç ara değerini bulmaktadır. Bağımsız bir veri strüktürü, her bir nokta için hesaplanan verileri korumaktadır. Sistem, hesaplanacak noktaların yoğunluğunu aydınlatma ortamına göre belirlemektedir. Sahnedeki bir noktadaki endirek(dolaylı) aydınlığın görselleştirilmesi için, sistem ortama birkaç yüz ışık ışını yollamakta ve işlem tekrarlı olarak çoklu yansımalar için devam etmektedir. Yansımanın her bir düzeyinde, aydınlatma hesaplarının yoğunluğu azaltılmaktadır.

Radiance’ta yürütülen bu tür bir yaklaşımın dezavantajları vardır. Yarı düzgün yansıtımlı yüzeylerden geçen ışınlar etkin olarak ele alınmamaktadır. Radiance bu problemi, yansıma ya da geçme yapan ışık kaynaklarını bulmak için yapılan hesaplar sürecinde kullanılan ikincil ışık kaynakları tanımlayarak kısmen çözmüştür. Sistem, sadece ayna, prizma gibi ışık kaynağı özelliği olan düzlemsel yüzeyleri ikincil ışık kaynağı olarak tanımlamaktadır. Bu çözüm, yarı düzgün yansıtma yapan malzemelerin kullanıldığı sahnelerde, fiziksel tabanlı, doğru aydınlatma simülasyonu elde etmede tatmin edici değildir. Eğer sahnede çok yüzlü aynalar yer alıyorsa, ikincil ışık kaynağı sayısı katlayarak artmaktadır. Bu durumda çoklu yansımaların olduğu sahnelerde, sayısız sanal ışık kaynağı oluşacaktır. Bunu engellemek için Radiance ikincil kaynak değişiminin sınırlandırılmasını sağlamak ya da sanal kaynağın ön örneklenmesinin yapılması gibi bir dizi metod geliştirmiştir. Ancak bu metodlar da hesaplamaların doğruluğunu garantileyememektedir.

Kıscacası global model tam olarak doğrulanamamaktadır. Düzgünden yayınığa ‘geçme’ olayı, düzlemsel aynalarla sınırlandırılmıştır. Bunun yanında, kullanıcının ne kadar yansıma olayını simule etmek istediğini önceden bilmesi gerekmektedir(Khodulev ve Kopylov,1996).

3.Simulasyonun doğruluğu:

LVS’de simulasyonun doğruluğunun kontrolü, simulasyonun etkinliği ve kalitesi üzerinde direk etkisi olan, ışıklı yüzeylerin ve ışık kaynağı alanının alt bölümlene mekanizmasına bağlıdır. Alt bölümlene işlemi, aydınlık gradientlerinin büyüklüğüne göre artar. Minimum ve maksimum alt parça ebatları kullanıcı tarafından kontrol edilebilen bir parametredir. Nicel olarak ise simulasyonun doğruluğunu sınavabilecek araçlar bulunmamaktadır.

Specter da yüzey altbölümlene işlemi kullanmaktadır. Her bir yüzey elemanı içinde, tüm aydınlık dağılımını gösteren lineer fonksiyon kullanılmaktadır.

Specter’in en önemli özelliği, aydınlatma kullanıcının hesap hatalarını tahmin edebilmesi,

hatta hatanın hangi düzeyde olacağını belirleyebilmesidir. Specter'ın simülasyonun doğruluk kontrolüyle ilgili bu yaklaşımının eksik yönü ise, sahnenin istenen bölgesinde daha gerçekçi, diğer bölgelerinde daha hatalı veya tersi hesaplamaya izin vermemesidir. Ancak buna rağmen, sistemin sağladığı simülasyonun gerçeklik düzeyini kontrol edebilme seçeneği, eşleniği olan başka sistemlerde mevcut değildir.

Radiance sisteminde simülasyonun doğruluk düzeyinin etkileyen çok sayıda kontrol opsiyonu bulunmaktadır. Ancak sistemin imkan verdiği en başarılı simülasyonu elde edebilmek için hangi parametrik değerlerin kullanılacağı önemli bir problemdir. Yani direk simülasyon doğruluk kontrolü mevcut değildir(Khodulev ve Kopylov,1996).

4.Kullanıcı arayüzünün interaktivitesi ve hesaplama sonuçlarının gösterimi:

LVS'de iki tür çıktı verisi alınabilmektedir; resim karesi ve sayısal aydınlık düzeyi değerleri. Ayrıca interaktif imleç sayesinde resim üzerinde istenen nokta için sayısal veri alınabilmektedir.

Specter da ise yine resim karesi, sayısal ışık dağılım tablosu, grafikler ve interaktif imleç olanakları ile sonuç gösteriminde daha başarılıdır.

Radiance sistemi de resim karesi, tablo ve interaktif imleç opsiyonlarını tanımaktadır (Khodulev ve Kopylov,1996).

4. AYDINLATMA SEKTÖRÜNDE BİLGİSAYAR TEKNOLOJİLERİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ: “TÜRKİYE ÖRNEĞİ İÇİN BİR DEĞERLENDİRME”

Mimari uygulama ortamına, uzmanlaşmış bir yan sektör olarak hizmet veren aydınlatma sektörünün doğuşuyla, aydınlatma tasarımcısı, bu sektör içinde rol alan bir profesyonel olarak kendine yer edinmiştir. Aydınlatma sektörü öncelikle aydınlatma aygıtı üretim sektörüyle birlikte veya bağımsız bir pazarlama birimi olarak ortaya çıkmıştır. Zamanla, aydınlatma tasarım ve projesi kavramlarıyla birlikte, sektör bu ihtiyaçlara cevap verebilecek şekilde kendini yenilemiştir. Günümüzün gelişmiş ülkelerinde aydınlatma sektöründeki firmaların isimleri aydınlatma tasarımcılarının isimleriyle anılır olmuştur. Mimari proje künyelerinde mimari tasarım grubu gibi, aydınlatma tasarımcısının kimliği de yer almaktadır.

Yine gelişmiş ülkelerde, mimari proje yürütücüsü ile aydınlatma tasarımcısı arasındaki sinerji dikkat çekicidir. Mimari aydınlatma tasarımı konusunda aydınlatma sektöründe gelişen bilinç, mimari tasarım sürecine de olumlu etkilerde bulunmaktadır. Bu gelişim, mimari tasarım grubu cephesinde gelişen bilincin, aydınlatma tasarımcısına etkisinde de gözlemlenmektedir. Bu durum, mekanda ışığı gerektiği gibi sorgulayan iki tasarım grubunun birbiri arasındaki güç birliği olarak görülebilir.

Aydınlatma tasarımcısı ve mimari tasarımcının arasındaki bu sinerji, tasarım araçlarının doğru amaçlar için kullanımını da desteklemiştir. Sektöre özelleşmiş yazılımlardan özellikle ileri düzey görselleştirme sağlayanlar, dünya çapında ileri gelen mimari gruplar tarafından, mimari tasarım sürecinde de kullanılabilir hale gelmiştir.

Aydınlatma firmaları, aydınlatma tasarım araçlarının seçiminde yaygın olarak birbirine yakın tercihler yapmaktadırlar. Aydınlatma tasarımcısı Emilyn Altman'ın belirttiğine göre; “Sektörün, aydınlatma tasarım sistemlerini kurarken dikkate aldığı kriterler :

Cad dosyalarını açabilmeleri,

Basit modeller yaratabilmeleri,

3D-render ile görselleştirilebilmeleri,

Ürün kütüphaneleri sayesinde karşılaştırmalı sunum sağlayabilmeleridir”.

“Sistem, sadece kullanım kolaylığı, sunum detayları, önerilen bilginin kalitesi, doğası gibi isteklere cevap vermekle kalmamalı, müşterilerin de ne görmek isteyeceğini mimarın bilmesini sağlamalıdır”. (Santilli,1999)

Aydınlatma tasarımcısı Emilyn Altman, bazı tasarımcıların daha iyi sonuçlar için her aşamada farklı bir yazılım kullanmayı tercih ettiklerine işaret etmektedir. Çünkü yazılımlar farklı konulara cevap verebilmektedir. Örneğin Lite Pro basit modellemelere imkan verirken, Lightscape programı, cad dosyası üzerinde çalışma imkanı sağlamaktadır.

Yazılım aydınlatma üretici firması tarafından geliyorsa, kütüphanesinde sadece o firma ürünleri bulunmaktadır. Ancak diğer ürün firmalarının dosyaları da sistem içinde açılabilir niteliktedir. Örneğin, Lumen-micro 7.5, Lighting Technologies firmasının bağımsız ürünüdür, o yüzden kütüphanesi 30000'in üzerinde ürün içermektedir.

Konu detaya indiğinde, düzey sadece programdan programa değil, bilgisayardan bilgisayara da değişmektedir. Kullanıcı her zaman detay görme ihtiyacı duymamakta, çizimi mümkün olduğunca basit tutmak isteyebilmektedir. Çünkü dosya büyüklüğü sorun yaratabilmektedir. Bu tür sorunlar, hızlı ve yüksek hafızalı donanım ihtiyacı doğurmaktadır. Sonuç olarak piyasadaki yazılımlar farklı uzmanlık alanlarıyla kullanıcıya zaman ve güç kazandırmaktadırlar.

Uluslararası platformda görülen bu gelişimlerden, Türkiye örneğindeki durumun ne tür farklılıklar gösterdiği bu bölüm içinde irdelenmektedir. Yapılan alan çalışmasıyla, sektörel bazda aydınlatma tasarımcılığı ve araçları ile ilgili veri toplanmıştır.

4.1 Alan çalışmasının amacı

Alan çalışması yapılmasında öncelikli amaç, Türkiye'de, aydınlatma sektöründe proje+uygulama alanında hizmet vermekte olan firmaların profesyonel çalışma alanlarına, sözü edilen bu bilgisayar teknolojilerini ne oranda entegre edebildiklerinin saptanmasıdır. Burada, oluşan kullanıcı bilincinin ne olduğu önem kazanmaktadır. Bunun yanında bu çalışmada, bir müşteri profili olarak 'mimar'ın aydınlatma tasarım sürecini ne kadar yönlendirebildiği ve bu süreçte aydınlatma firmasında tasarımı yürüten uzman kişi ile mimar arasındaki etkileşimin ne düzeyde olduğu sorgulanmış, bu etkileşimin gelişimi, dolayısıyla da mimari tasarım sürecinin gelişimi açısından sözü edilen bilgisayar destekli tasarım platformlarının etkileri irdelenmiştir. Bu bağlamda, firma tasarım uzmanlarının hangi meslek gruplarından geldikleri ve mimar kimliğinin aydınlatma tasarımı profesyonelleri arasındaki rolü dikkat çekicidir. Çünkü sözü edilen bilgisayar araçlarının gelişim yönü doğal olarak kullanıcıların talepleriyle belirlendiğinden, bu taleplerin mimar tabanlı uzman kullanıcılarca ne derece şekillendirilebildiği önemli görülmüştür.

4.2 Alan çalışmasının yöntemi

Veri toplama tekniği olarak alan çalışmasında kullanılmasına karar verilen planlı görüşme yöntemi daha sonra çalışmanın yönüne göre esnek görüşme yöntemine dönüştürülmüştür. Amaçlar doğrultusunda, rijit olmamakla beraber, bir soru formu hazırlanmıştır(ek1).

4.3 Alan çalışmasının kapsamı

Esnek görüşmenin yapılacağı firmaların belirlenmesinde; firmaların hem proje ve uygulama hizmeti vermesi ve hem de bu hizmet kapsamında bilgisayar yazılımlarından faydalanma kriteri baz alınmıştır. Bu kriter doğrultusunda belirlenen sektörün ileri gelen on aydınlatma firmasından, çalışmanın amaçları ışığında esnek görüşme tekniği ile veri toplanmıştır. Çalışma alanı sınırlarının daraltılma sebebi, firmaların sözü edilen gelişmiş tasarım araçlarının tamamen dışında kalmış olmaları ile ilgili problem alanlarının tezin genel amacı ve kapsamı dışında olmasıdır.

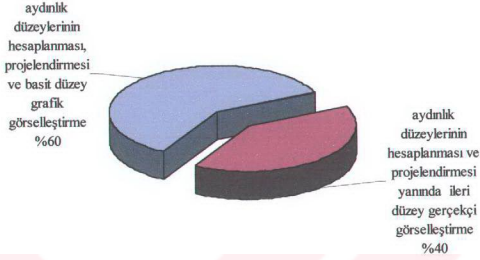
4.4 Alan çalışmasının sonuçlarının değerlendirilmesi

Yapılan görüşme(ler)den alınan sonuçlar doğrultusunda, varsayımların sınanmasının yanında, yeni oluşumların varlığı da araştırılmıştır.

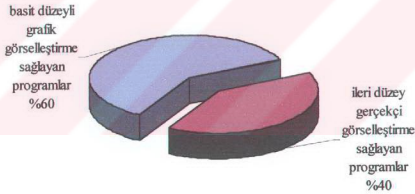
Bilgisayar programlarının kullanım amaçlarına ilişkin sonuçlar: Firmalarla görüşmelerden alınan sonuçlar ışığında; Türkiye’de aydınlatma sektöründe, proje ve uygulama hizmeti vermekte olan ve bu hizmet kapsamında bilgisayar yazılımlarından faydalanan firmaların yarısından fazlası(genelin % 60’ı), bilgisayar programlarından aydınlık düzeylerinin hesaplanması, projelendirme ve basit düzey grafik görselleştirme amacıyla yararlanmaktadırlar. Firmaların yarısından daha azı(genelin % 40’i) ise, bu amaca ek olarak, bilgisayar programlarından ileri düzey gerçekçi görselleştirme amacıyla yararlanmaktadırlar(şekil 4.1).

İleri düzey gerçekçi görselleştirme amacıyla herhangi bir ek program(lightscape,siview... vb.) kullanmayanların çoğunluğu, kullandıkları yazılımları ve mevcut çalışma yöntemlerini yeterli bulurken(genelin %50’si), az sayıda firma yazılımların yetersiz olduğunu belirtmektedir(%10’u). Ancak bu firmalar, programları hızlı ürün verebilip, pratik kullanım sağladıkları ve donanım açısından az yük gerektirdikleri için tercih ettiklerini söylemektedirler. Alınan bu sonuçlara göre, aydınlatma kriterleri ileri düzey grafik görselleştirme araçlarıyla sorgulanmasa da, kullanılan programlar incelendiğinde, çoğunlukla

basit düzey görselleştirme sağlayan grafik tabanlı programlar(relux,dialux...vb.) kullanıldığı saptanmıştır(şekil 4.2). Bu da sektörün, aydınlatma tasarımı konusundaki bilinç düzeyinin daha ileriye taşınması için önemli bir değişimin belirtisidir.

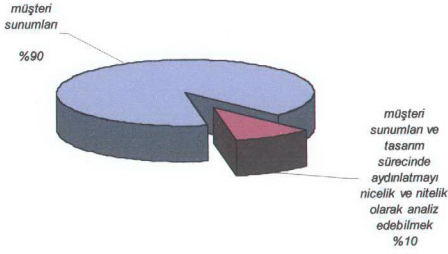


Şekil 4.1 Aydınlatma firmalarında bilgisayar programlarının kullanım amaçları



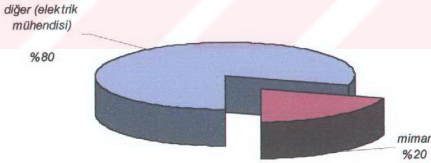
Şekil 4.2 Görselleştirme amaçlı kullanılan programların niteliği ve kullanım oranı

Görselleştirme programlarının kullanımına ilişkin sonuçlar: Bilgisayar programlarından diğer amaçların yanısıra ileri düzey gerçekçi görselleştirme için de yararlananların büyük bir çoğunluğunun bu tür programları kullanma sebeplerinin, müşteri için sunum hazırlamak olduğu ortaya çıkmıştır(%90). Ancak, bu tezde bu tür programlarla ilgili vurgulanmak istenen, **tasarım sürecinde ileri düzey görselleştirme araçlarıyla aydınlatmayı nitelik ve nicelik olarak analiz edebilme** özelliği, neredeyse hiçbir firmada sorgulanmamaktadır(%10)(şekil 4.3).



Şekil 4.3 İleri düzey gerçekçi görselleştirme programlarının kullanım sebepleri

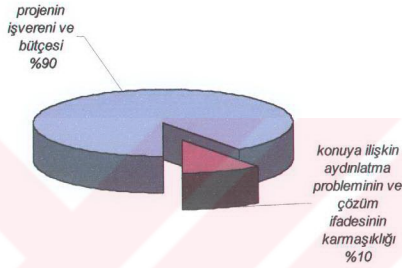
Bu sonuçların oluşum sebepleri arandığında; aydınlatma proje ve tasarım konularının mimari vizyonla ele alınmadığı varsayımıyla, firmaların proje bölümlerindeki mesleki dağılım yapısına bakılmıştır. Ortaya çıkan sonuç, firmaların oldukça az bir kısmında(%20), tasarım ve proje hizmetlerini üstlenen kişiler arasında mimar bulunduğu ve çoğunluğunun(%80) proje departmanlarının diğer meslek gruplarından(elektrik mühendisliği) oluştuğu saptanmıştır(şekil 4.4).



Şekil 4.4 Aydınlatma firmalarında tasarım ve proje hizmetlerini yürüten kişilerin meslekleri

Ayrıca bilgisayar programlarından ileri düzey üç boyutlu görselleştirme için yararlananların bu programları kullanma sıklıkları, programları kullanmaya başladıktan sonraki dönemde yapılan projelerin ancak sayılı birkaçı ile sınırlıdır. Kullanım sıklığını belirleyen etkenler ise, çok büyük bir oranda projenin işvereni ve bütçesi iken(%90), sadece bir firma için etken,

konuya ilişkin aydınlatma probleminin ve çözüm ifadesinin karmaşıklığı olmuştur(%10)(şekil4.5). Burada alınan sonuç, firmaların çoğunlukla sadece görsel prezentasyon gerekliliği ile ileri düzey görselleştirme araçlarına yönelmeleridir. Ayrıca, rutin iş programı içindeki zaman kısıtlılığı yüzünden, kullanımı pratik olmadığını belirttikleri bu araçlarla, her müşteriye bu tür sunumları yapamadıklarını vurgulamışlardır. Bunun yanında kendi tasarım platformları için ise yine aynı sebeplere bağlı olarak programlar kullanışsız olarak görülmektedir.



Şekil 4.5 İleri düzey gerçekçi görselleştirme programlarının kullanım sıklığını belirleyen etkenler

Aydınlatma tasarımcısı ile mimari tasarımcı arasındaki etkileşime ilişkin sonuçlar:

Aydınlatma firmalarının müşteri profili çoğunlukla mimar, elektrik mühendisi, son kullanıcı ve müteahhitlerden oluşmaktadır.

Bir müşteri profili olarak mimarlardan gelen hizmet talepleri, diğer müşteri profillerinin hizmet taleplerinden farklıdır. Mimari proje sorumlusu olarak mimarın firmayla bağlantıya geçtiği aşama, genellikle mimari tasarım sürecinin başlarında olmamaktadır. Mimari projeler aydınlatma profesyoneline çok az sayıda firmaya(%20) nadiren olmakla beraber tasarım aşamasında aktarılmakta, firmaların hemen hemen tümüne(%80) avan veya uygulama proje aşamasında aktarılmaktadır. Buradan aydınlatma projesi hizmeti alan mimarların çoğunun mimari tasarım sürecinde aydınlatma tasarımını yeterince sorgulamadıkları sonucu çıkarılabilir. Bu çıkarıma destek olarak, firmaların çok az bir kısmından(%20), mimarların mekanın aydınlık ihtiyacını karşılayacak optimum çözümlerin ötesinde farklı ışık ve gölge etkilerini analiz edebilmek ve tartışabilmek için görsel prezentasyon talep ediyor olmaları gösterilebilir. Bu gibi durumlarda firmaların büyük bir çoğunluğu(%80) uygulanmış projeleri

ve görselleri, showroom enstalasyonlarını(Lamp83,demo-center) müşteriye örnek olarak göstermektedir.

Genel sonuçlar: Türkiye’de aydınlatma sektörü, gelişmiş ülkelerdeki benzeşiklerinde yaşanan değişimin gerisindedir. Ancak sektör, son on yıldan bu yana yaşanan hızlı bir değişim süreci içindedir. Firmalar, talep edilen hızlı ve kaliteli hizmeti verebilmek için gelişmiş araçların ve uzmanlaşmış kadronun gerekliliğinin bilincindedirler. Ancak sektörün ağırlıklı hedef kitlesi olan mimari grupların talep düzeyleri esasen sektörü biçimlendiren en önemli unsurdur. Aydınlatma bünyelerindeki tasarım ve projelendirme hizmetleri için uzmanlaşan kadronun çoğunlukla genç nesilden oluşması, uzmanlaşma sürecinin(eğitim) de hızlı bir değişim içinde olduğunun işaretidir.

Firmalarda, aydınlatmanın nitelik ve nicelik olarak analiz edilebilirliğini sağlayan ileri düzey görselleştirme sağlayan aydınlatma programları, rutin çalışma ortamlarına entegre edilememiştir. Bu tür programların sağladıkları ileri düzey görselleştirme imkanının gerektirdiği donanım ve zaman problemi henüz teknolojik açıdan çözümlenememiştir. Buna karşılık, firmalarca yaygın olarak kullanılan aydınlatma programlarının daha basit düzey grafik tabanlı kurgusunun tasarım sürecine katkısı olduğu gözlemlenmiştir. Öngörülen aydınlık düzenlerinin grafik tabanlı gösteriminin, sonucun sınılanması ve müşteriye aktarılması açısından faydalı olduğu belirtilmiştir. Ancak yine kullanıcıların yorumlarına göre; bu programların karmaşık aydınlatma problemlerinde ve prizmatik mekan formları dışındaki tüm çok yönlü eğrisel formlardaki mekan çözümlerinde ihtiyaca cevap verememesi, kullanım alanındaki en önemli sorunlardan biridir. Bu gibi durumlarda aydınlığın nicelik ve özellikle nitelik araştırmasında çekilen zorluklar, ileri düzey gerçekçi ışık görselleştirme programlarının gerekliliğini doğrulamaktadır.

Yapılan alan çalışmasından alınan bir başka sonuç, müşteri profili olarak mimarın firmayla olan etkileşiminin yetersizliğidir. Mimari tasarımı üstlenen mimarın, aydınlatma tasarımını yönlendirici etkisinin sınırlı sayıda örneğinin olduğuna rastlanmıştır. Bu bağlamda, mimari tasarım süreciyle birlikte yürütülmesi gereken aydınlatma tasarım süreci ise çoklukla mimari proje üzerine yapılan bir superpoze çalışması niteliğinden sınırlanamaktadır. Bu yüzden mimari aydınlatma tasarımının gelişimi açısından, mimarın ya da aydınlatma tasarımcısının deneyselci yaklaşımlarının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Sektörün aydınlatma konusundaki gelişen bilincine karşılık, tasarım süreci ile ilgili eksiklikler görülmektedir. Bunun sebeplerinden birinin, uzman kadrodaki mimari vizyon eksikliği

olduğu görülmüştür. Firmalarda çoğunlukla proje departmanları elektrik mühendislerinden oluşmaktadır. Yapılan görüşmelerde bu kişiler, aydınlatma konusunda branş dersleri ile uzmanlaştıkları akademik eğitim süreçlerinde, karşılaştıkları mimari derslerin yetersizliği problemine değinmişlerdir.

Alınan sonuçlar doğrultusunda ortaya çıkan problem alanlarının aslında eğitim probleminde odaklandığı görülmektedir.



5. SONUÇLAR

Mimaride aydınlatma tasarımı, aydınlatmanın farklı bilim dallarının araştırma alanlarının keşiştiği bir noktada yer alması nedeniyle, tanım aralığı oldukça geniş bir uzmanlık konusudur. Aydınlığın fiziksel yapısının fotometrik anlamda sorgulanabilirliğinin yanısıra, mimari yapıtlarda tüm tasarım kriterlerini etki altında tutan, mekanların işlerliğine yönelik fizyolojik ve psikolojik yönlerinin de olduğu bir gerçektir. Bu bağlamda, mimari tasarım gruplarının ve aydınlatma sektörünün uzmanlaşmış aydınlatma tasarımcılarının tasarım ortamları, yöntem ve araçlarının tüm yönleriyle ışık ve mekan etkileşiminin sorgulanabilirliğini sağlayıp sağlayamadığı konusu önem kazanmaktadır. Yapılan araştırmalarda, aydınlatma tasarımında kullanılan geleneksel tasarım yöntem ve araçlarının, bu denli komplike bir konuda tasarımcıya yeterli faydayı sağlayamadığı görülmüştür. Bunun en önemli belirtisi; özellikle 80'li yılların ortalarından itibaren, aydınlatma tasarım araçlarının iyileştirilmesine yönelik her türlü gelişime gerek aydınlatma sektörü, gerekse mimarlık ortamının açık olduğudur.

Mimari tasarım sürecine hız kazandırmanın çok ötesinde, tasarım sürecini yeniden sorgulatan, sürece yeni girdiler sağlayarak tasarımı zenginleştiren bilgisayar destekli tasarım(CAD) araçları, aydınlatma tasarımı sürecini de yeniden biçimlendirmektedir. Aydınlatma tasarım sistemleri ile, tasarımın her aşamasında ışığın mimariye etkisi sorgulanabilmekte, sanal ortamda tanımlanan bütün kriterlerle gerçeğe yakın görüntüler üzerinde mekanların görsel analizi yapılabilmektedir.

Bu çalışma kapsamında incelenen bilgisayar destekli aydınlatma tasarım sistemlerinin, dünya genelinde aydınlatma profesyonellerine sağladığı yeni bakış açısı ile sektörün gelişimine önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Bunun yanında, günışığı ve yapay ışığa, mimari tasarım sürecinin her aşamasında sorgulayan bir bilinçle yaklaşan mimari gruplar ve akademik araştırma gruplarının da bu yazılımlardan aydınlığın nitelik ve nicelik analizinde faydalandığı görülmüştür.

Işığın gerçekçi simülasyonunun yapılabirliği bağlamında incelenen bilgisayar destekli aydınlatma tasarım sistemleri, bilgisayar teknolojilerinin yüksek gelişim ivmesiyle her geçen gün gerçeğe daha yakın sonuçlar vermektedir. Bu gelişim de mimaride tasarımın deneylenmesi ve aydınlığın niteliğinin araştırılmasına önemli faydalar sağlamaktadır. Söz konusu teknolojilerin, salt bir mimar vizyonu ile irdelenmesinin yetersiz kaldığı

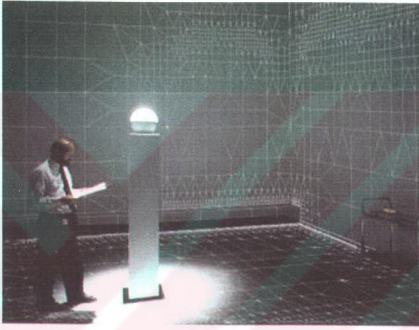
görülmüştür. Bu yüzden, çekilen kaynak yetersizliğine karşın; bilimsel anlamda mevcut sistemlerin sağladığı fayda aralığının hangi kriterlerle tartışılması gerektiği, varolan bilgisayar ve fen bilimlerinin araştırmaları ışığında sorgulanmıştır.

Türkiye’de de aydınlatma sektöründe bilgisayar destekli aydınlatma tasarım araçlarına hızlı bir geçiş gözlemlenmiştir. Firmaların hemen hemen tümünde rastlanan basit düzeyli grafik görselleştirme tabanlı aydınlatma hesap programları, aydınlatmanın daha detaylı sorgulanmasını sağlamakta, proje sürecini hızlandırmaktadır. Ancak Türkiye’de gerek mimari tasarım grupları, gerekse aydınlatma profesyonelleri tarafından, özellikle aydınlığın nitelik analizinde önemli faydaları olan ileri düzey görselleştirme sağlayan aydınlatma programlarının kullanımının kısıtlı olduğu saptanmıştır. Bunun sebeplerine bakıldığında, hem programların kullanım pratiğinin istenen düzeyde olmaması, hem de söz konusu hedef kullanıcı kitlesinin aydınlığın niteliğine dair görsel analizini sorgulama bilincinin henüz yetersiz olduğu görülmüştür. Kullanıcı kitlesinin büyük bir kısmını oluşturan aydınlatma profesyonellerinin çoğunluğunun mimarlık mesleğinden olmaması ve bu yüzden mimari tasarım konusunda yeterli altyapıya sahip olmamaları, bu programların verimli kullanılamamasına sebep olarak gösterilebilir. Burada aydınlatmada uzmanlaşma eğitiminin sorgulanma gerekliliği ortaya çıkmıştır. Sektörle ilişki halinde olan mimarların da aydınlatma tasarım sürecini yeterince sorgulamıyor olmaları, bu tür programların kullanım alanını iyice daraltmaktadır. Sektörde daha çok sunum amaçlı kullanılan bu tür programların yoğun olmayan kullanım sıklığı ise, projenin işvereni ve bütçe oranıyla belirlenmektedir.

Günümüzün çağdaş mimarlık eğitimiyle yetişen mimar adayları, bilgisayar destekli tasarım sistemlerini en verimli nasıl kullanabileceklerini sorgulayarak profesyonel mimarlık ortamına hazırlanmaktadır. Bu araçların sağladığı sanal gerçeklik, onlara tüm mimari tasarım kriterlerini her defasında tekrar düşündürmekte ve yeni sorular sordurmakta, tasarım ufuklarını gelenekselle yapılamayana koşullandırmaktadır. Aydınlatmanın mimari tasarım kriterlerine olan etkisinin sadece fotometrik veri yorumlama ya da belirli aydınlık düzeyi hesaplarıyla sınırlı olmadığı, aydınlığın niteliğinin de bir tasarım kriteri olarak ele alınması ve yorumlanması gerektiği bilinci, öğrenciyi mimarlık lisans eğitimi sürecinde verilmelidir. Bu bağlamda; ileri düzey görselleştirme sağlayan aydınlatma programları öğrenciyi mimariyi ışığıyla birlikte düşünmeyi, onu ışıkla biçimlendirmeyi öğütleyecek potansiyele sahiptir. Bu tezin kapsamı dışında olmakla beraber, söz konusu araçların, mimarlık eğitiminde aydınlatma tasarımı eğitimine yapabileceği etkiler önemli bir tartışma konusudur.

Tezin amaçları doğrultusunda incelenen ve mimari tasarım sürecine önemli faydaları

olabileceği saptanan programların, mimarlık mesleğinde yaygın olarak kullanılabilmesi için, programların donanım ve zaman problemlerini aşması, daha pratik kullanım imkanları sağlaması gerekmektedir. Gelişim ivmesi çok yüksek olan bilişim teknolojilerinin, yakın gelecekte bu tür programları, hızla mimari tasarım sürecinde rutin olarak kullanılan programlara dönüştürebilecek iyileştirmeleri yapması kaçınılmazdır. Böylece bu araçların mimaride aydınlatma tasarım bilincini de ne şekilde biçimlendirebileceği daha kolay ve daha çok platformda analiz edilebilecektir. Bu sayede, bu tezin üzerinde durduğu, **bilgisayar destekli tasarımın mimari tasarım sürecini yeniden biçimlendirdiği gerçeği** daha fazla güç kazanacaktır.



Şekil 5.1 ‘Ercö’ aydınlatma firması tarafından ışığın analizi için öngörülen sanal gerçeklik laboratuvarının simülasyonu(2)

Bilişim teknolojilerinin gelecek için öngördüğü yeni araçlar, tasarım arayüzünü monitör ve kağıttan kurtarmaya yöneliktir. Nitekim gerçeklik ekranın prizmatik yapısı içinde ya da kağıdın 2-boyutlu yüzeyi üzerinde tartışıldığında mantıksal bir çelişki yaratmaktadır.Çünkü aslında ekranın kendisi de kendini aydınlatan bir imajdır. Ya da gerçekliğin sınırlarının zorlandığı bu platformlar nihayetinde cam bir dikdörtgen gerçekliğine takılıp kalmaktadır. Ama simülasyon, imaj formatından sıyrılıp, algısal zenginliği kullanabilen sanal gerçekliğe dönüştüğünde, sadece uçuş eğitimi ya da oyun tasarımı için değil, mimaride aydınlatma tasarımı için de yeni ufuklar açılacağı kesin gibi görünmektedir(şekil 5.1). VR teknolojilerinin gelişim ivmesi, tasarlanan bir mekanın sanal olarak deneylenebileceği tarihlerin hiç de uzak olmadığını düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

- Ashdown, I., (1996), "Lighting for Architects", Computer Graphics World, 19(8):38-44.
- Ashdown, I., (1995), "Visual Reality:Computer Techniques for Lighting Design", Lighting Magazine, 9(4).
- Ashdown, I., (1994), Radiosity -A Programmer's Perspective, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Cotton B. ve Oliver R., (1997), Siberuzay Sözlüğü(Çev., Ö. Arıkan ve Ö. Çenderoğlu), Yapı Kredi Kültür Sanat Yayıncılık a.ş., İstanbul.
- Doi, A. ve Itoh, T., (1998), "Acceleration Radiosity Solutions Through the Use of Hemisphere-base Formfactor Calculation", Journal of Visualization&Computer Animation, 9(1):(3-15).
- Ganslandt R. ve Hofmann H., (1992), Handbook of Lighting Design, Druckhaus Maack, Lüdenscheid.
- Guerra, L.H. ve Ojeda, O.R., (1996), Hyper-Realistic:Computer Generated Architectural Renderings, Rockport Press, Massachusetts.
- Illuminating Engineering Society of North America. (1991), "An Introduction to Light and Lighting", IES ED-50-1991.
- Kopylov E.A. ve Khodulev A.B., (1996), "Physically Accurate Simulation in Computer Graphics Programmes", Moscow State University, Russia.
- Kurtoğlu, P. ve Erkin E., (2000), "Bilgisayar Ortamında Aydınlatma Tasarımı:Siview-Üç boyutlu Aydınlatma Simulasyonu", 3.Ulusal Aydınlatma Kongresi, Aydınlatma Türk Milli Komitesi, İstanbul.
- Laiserin, J., (2001), "Software Resources for Lighting Design", Architectural Record, 5:281-302.
- Larson, G.W., (1998), Rendering with Radiance, Morgan Kauffman Publisher Inc., San Fransisco.
- Lechner, N., (1991), Heating, Cooling, Lighting:Design Methods for Architects, Wiley, New York.
- Mercier P.L.C. , (2001), "Design Tools for the Millennium", Lighting magazine, 6.
- Millet, M.S., (1996), Light Revealing Architecture, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Morgan, C.L., (1995), Virtual Architecture/Conway Lloyd Morgan, Giuliano Zampi, B.T. Batsford, London.
- Novitski, B.J., (1999a), "Fun with Computer-Aided Modeling Clay", Architectural Record, 6.
- Novitski, B.J., (1999b), "Energy Software to Link Design and Science", Architectural Record, 12.
- Novitski, B.J., (2000), "Once and Future Graphics Pioneer", Architectural Record, 6.
- Santilli, C., (1999), "Programming Light", Architecture, 5:174-175.

Sirel, Ş., (1996), “Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar”, Yfu yayınları, İstanbul.

Sirel, Ş., (1997), Aydınlatma Sözlüğü, Yem yayın, İstanbul.

Steffy, G.R., (1990), Architectural Lighting Design, Van Nostrand Reinhold, New York.

Yılmaz, S. ve Yener, C., (2000), “Aydınlatma Eğitimi Üzerine”, 3.Ulusal Aydınlatma Kongresi, Aydınlatma Türk Milli Komitesi, İstanbul.

İnternet kaynakları:

- 1) <http://www.lightscape.com/gallery/customerimages.asp>
- 2) [http://www.erco.com\(2000\)](http://www.erco.com(2000))
- 3) [http://www.lightscape.com/overview/body_technology.asp\(2000\)](http://www.lightscape.com/overview/body_technology.asp(2000))
- 4) Architecture,(feb-1999),
[http://www.architecturmag.com/feb99/tp/computers/computers.asp\(1999\)](http://www.architecturmag.com/feb99/tp/computers/computers.asp(1999))
- 5) [http://www.radsite.lbl.gov\(2000\)](http://www.radsite.lbl.gov(2000))
- 6) [http://www.siteco.com.tr\(2000\)](http://www.siteco.com.tr(2000))
- 7) [http://www.autodesk.com/us/lightscape/examples/html/index.htm\(2000\)](http://www.autodesk.com/us/lightscape/examples/html/index.htm(2000))
- 8) Palmer,J.M.,(1998), Radiometry&photometry,Optical Sciences Center, University of Arizona, (<http://www.optics.arizona.edu/Palmer/rpfaq/rpfaq.htm>).
- 9) Yancey, K., (1999), “Lighting for Humans, not for Meters”, Architectural Lighting Magazine, (<http://www.lightforum.com/design/humans.html>).
- 10) <http://www.rpi.edu/dept/arch/indexJS.html>
- 11) <http://www.brown.edu/>
- 12) <http://www.lrc.rpi.edu/>
- 13) <http://www.arce.ku.edu/arce/6811d/daylight/dosdoc2.htm> (öğrenci çalışmaları)
- 14) <http://www.cs.brown.edu/stc/allstc.html> (NSF)
- 15) <http://www.graphics.cornell.edu/research/>
- 16) <http://www.mit.edu>
- 17) <http://www.lightscape.com/overview/default.asp>
- 18) <http://3dgraphics.about.com/compute/3dgraphics/>
- 19) http://www.archrecord.com/VENDORS/VG05_01.ASP
- 20) <http://www.archmedia.com>
- 21) <http://www.escape.ca/~williams/>
- 22) <http://www.architectureweek.com/cgi-bin/wlk?http://kmp.lbl.gov/BDA>
- 23) <http://www.cie.co.at/cie/publ/list.html>

- 24) <http://www.cie.co.at/cie/>
- 25) <http://www.elsevier.com/>
- 26) http://www.architectureweek.com/2000/0823/tools_1-1.html
- 27) <http://www.lightingresource.com>(LCS yayınları.teknik raporları)
- 28) <http://www.lcs.mit.edu/publications/viewpubs.php?cat=tr&sort=title>
- 29) <http://www.lightforum.com/software/index.html>
- 30) <http://www.lightbydesign.com/>
- 31) <http://www.schorsch.com/kbase/glossary/> (aydınlatma ve simulasyon sözlüğü)
- 32) <http://dmoz.org/Computers/Software/Industry-Specific/Construction/Lighting-Design/>
(programlisteleri)
- 33) <http://www.lightingresource.com/optis/optis.asp> (optis programı)
- 34) <http://www.lightingresource.com/lcenter/software/lbl/radiance.asp>
- 35) <http://www.siview.de/validation/details/index1.html> (siteco yazılımları)
- 36) http://www.siteco.com.tr/hizmetler_programlar.htm
- 37) <http://www.lightingmag.com/curr/article1.phtml?id=111>
- 38) <http://www.escape.ca/~williams/links1.htm>
- 39) <http://www.yfu.com>

EKLER

- Ek 1 Alan çalışması için hazırlanan soru formu
- Ek 2 Lightscape programında hazırlanan mimari mekan simülasyonları
- Ek 3 Radiance programında hazırlanan mimari mekan simülasyonları



Ek 1 Alan Çalışması için Hazırlanan Soru Formu

Ülkemizde, aydınlatma sektöründe proje ve uygulama alanında hizmet vermekte olan firmaların, profesyonel çalışma alanlarına, bilgisayar teknolojilerini ne oranda entegre edebildiklerini saptamayı hedefleyen akademik tez araştırmasının bir uzantısı olarak, bir görüşme yapılacaktır. Bu çalışmada bir müşteri profili olarak 'mimarın sektörle arasındaki arz-talep ilişkisinin projelendirme ve uygulama alanına etkileri de irdelenecektir. Soruları yanıtlayarak araştırmaya katkıda bulunduğunuz için teşekkürler.

Görüşmenin yapıldığı,

Firmanın adı:

Firma yetkilisinin ünvanı-adı-soyadı:

1) Bilgisayar programlarından hangi amaçlarla yararlanıyorsunuz? Lütfen konuyla ilgili kullandığınız yazılımın ismini belirtiniz.

a) Aydınlatma donatıları ve aydınlatma sistemlerinin tasarlanması ve projelendirilmesi

.....

b) Aydınalık düzeylerinin hesaplanması

.....

c) Aydınlatma tasarımının basit düzeyli grafik görselleştirilmesi

.....

d) Aydınlatma tasarımlarının ileri düzey görselleştirilmesi

.....

e) Diğer

.....

1.1) ilk sorunun (d) maddesine cevabınız hayır ise;

a) Bunun sebepleri aşağıdakilerden hangisi/hangileri olabilir?

Bu tür programların bize sağlayacağı imkanlar konusunda bilgi sahibi değiliz.

Mevcut çalışma yöntem ve araçlarımızı yeterli buluyoruz.

Bilgisayar programlarının finansal açıdan maliyetlerini yüksek buluyoruz.

Kullanmayı düşündüğümüz bilgisayar programlarını kullanabilecek yeterlilikte eleman bulmakta güçlük çekiyoruz.

Varolan programlar ihtiyaçlarımızı karşılayacak yeterlilikte değil

Diğer

b)Kullandığınız yazılımı ne tür özellikleri ve hangi kullanım alanları için tercih ettiniz ?

.....

1.2) İlk sorunun (d) maddesine cevabınız evet ise,

a) Bu soru maddesinde belirtilen ileri düzey görselleştirme programlarını kullanım sebebleriniz nelerdir?

- Tasarım sürecinde aydınlatmayı nicelik ve nitelik olarak analiz edebilmek.
- Müşterilere daha iyi sunum yapabilmek,
- Diğer.....

b) Bu soru maddesinde belirtilen ileri düzey görselleştirme programlarını kullanım sıklığımız nedir ?

- Bütün projelerde,
- Programı kullanmaya başladığımızdan bu yana yapılan projelerin yarısında
- Programı kullanmaya başladığımızdan bu yana yapılan projelerin sayılı bir kaçında.

c) Bu soru maddesinde belirtilen ileri düzey görselleştirme programlarının kullanım sıklığımızı belirleyen etkenler nelerdir ?

- Projenin işvereni ve bütçesi,
- Konuya ilişkin aydınlatma probleminin ve çözüm ifadesinin karmaşıklığı
- Diğer.....

2) a) Müşteri portföyünüz hangi meslek gruplarından oluşuyor?

- Mimar,
- Aydınlatma tasarımcısı,
- Elektrik mühendisi,
- Müteahhit,
- Genel kullanıcı,
- Diğer

b) Özellikle mimarlar tarafından mekanın aydınlık ihtiyacını karşılayacak optimum çözümlerin ötesinde farklı ışık ve gölge etkilerini analiz edebilmek, tartışabilmek için görsel prezentasyon talep ediliyor mu?

Evet

Hayır

c) Bu tür talepler karşısında öngörülerinizi müşterinize nasıl bir sunum platformunda aktarıyorsunuz?

d) Uygulama öncesi deneylenmesine ihtiyaç duyduğunuz projelerle karşı karşıya kaldınız mı? Evet ise ne tür ortamlarda deneylediniz?

.....

e) Birlikte çalıştığımız mimari gruplar sizden aydınlatma danışmanlık ve proje hizmetini çoğunlukla mimari projelerin hangi aşamasında talep ediyor?

Uygulama projesi aşaması

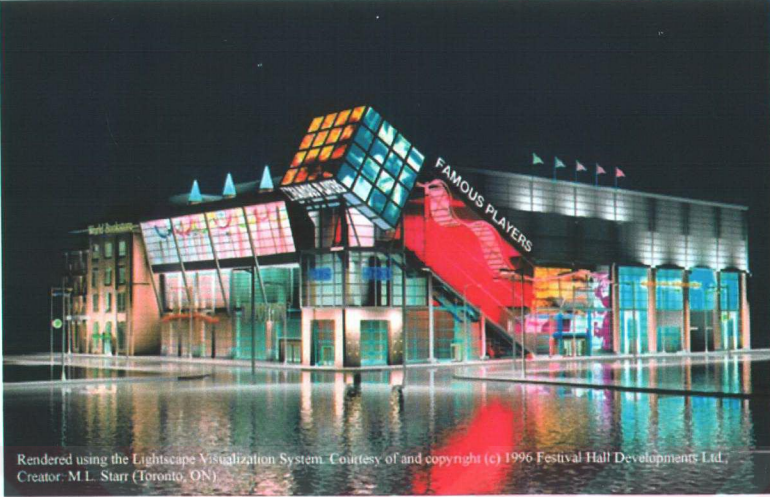
Avan projesi aşaması

Tasarım-eskiz aşaması



Ek 2 Lightscape programında hazırlanan mimari mekan simülasyonları

Lightscape programıyla yapılmış iç mekan simülasyonlarından örnekler (7)



'Kirkland Partnerships' tarafından tasarlanan 'Festival Hall' binası dış mekan aydınlatma simülasyonu(Toronto,ON-1996)(7)



Restaurant iç mekan simülasyonu(Evolucion Visual/Garza Garzia, Mexico-1997)(7)



Lightscape simulasyonları yarışmasında derece alan çalışmalar(1)



'ASCO' tarafından 'Trevira' tekstil ürünleri teşhiri için tasarlanan yaz pavyonu (New York, 1997)(7)

Ek 3 Radiance programında hazırlanan mimari mekan simülasyonları

Radiance programı ile hazırlanan mimari amaçlı simülasyonlar(5)



Radiance programı ile hazırlanan mimari amaçlı simülasyonlar(5)

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 09.11.1975

Doğum yeri Gaziantep

Lise 1986-1993 Özel Namık Sözeri Lisesi

Lisans 1993-1998 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fak.
Mimarlık Bölümü

Yüksek Lisans 1999-2001 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık. Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında
Mimarlık Programı

Çalıştığı kurumlar

2000-2001 Crea-Studio Mimarlık
1999-2000 SDB Mimarlık
1997-1998 Karakaya Mimarlık
1996-1997 AG Mimarlık