İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI BİNA KAVRAMI VE AKILLI BİNA DEĞERLENDİRME METODLARI

Anabilim Dalı: Mimarlık
Programı: Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olcay OĞUZ

Tez Danışmanı: Prof.Dr. A. Zerrin YILMAZ

Haziran 2007

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI BİNA KAVRAMI VE AKILLI BİNA DEĞERLENDİRME METODLARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olcay OĞUZ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 Mayıs 2007
Tezin Savunulduğu Tarih : 2007

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ**
Diğer Jüri Üyeleri	**Prof. Dr. Vildan OK**
Diğer Jüri Üyeleri	**Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY**

Haziran 2007

ÖNSÖZ

Çok az şanslı insanın sahip olabilecği özellikleriyle, tez çalışmam süresince bana sağladığı bilimsel destek ve yönlendirmenin yanı sıra hiç esirgemediği sevgisi ve şevkati için danışmanım Sayın Prof. Dr. A. Zerrin YILMAZ' a, kürsüye her geldiğimde beni güler yüzüyle karşılayıp her türlü soruma yanıt bulmaya çalışan Sayın Prof. Dr. Vildan OK' a, her zaman yanımda olup bana güven veren şans meleğim anneme, dualarını hiç eksik etmeyen en büyük koruyucum babama, kardeşten çok ikinci bir anne olan ablam Hale SÖNMEZ'e, bana olan inançlarını hiç yitirmeyen ve her sıkıntımda yanımda olan kardeşlerim; Ömer ve Nüveyran OĞUZ'a, gerçek bir bilim kuruluşu olan, maddi destekçim TÜBİTAK'a, bana gösterdiğiniz sabır ve yardımlar için en yakın dostlarım, Koray BOŞNAK ve Y. Mimar Enes YAŞA'ya sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

İstanbul, Haziran, 2007 Olcay OĞUZ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **vi**
TABLO LİSTESİ **viii**
ŞEKİL LİSTESİ **ix**
ÖZET **xi**
SUMMARY **xii**

1. GİRİŞ **1**

2. EKOLOJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR GELİŞİM **2**
2.1 Sürdürülebilir Binalar 4
2.1.1 Ekolojik Tasarım ve Enerji Verimliliği 7
2.1.1.1 Yeşil Bina Kavramı 8
2.1.1.2 Akıllı ve Yeşil Olan Binalar 11
2.1.2 Enerji verimliliği ve Ekolojik Binalarda Çevre Kontrolü 12
2.1.3 Ekolojik Olarak Sürdürülebilir Yapıların İlkeleri 14

3. AKILLI BİNALAR **22**
3.1 Akıllı Bina Kabuğu 23
3.1.1 Akıllı Cephe Tasarımındaki Eğilimler 24
3.1.1.1 Pencere Sistemlerindeki Gelişmeler ve Etkileri 25
3.1.1.2 Akıllı Camlar ve Özellikleri 25
3.1.2 Çift-Kabuk Cepheler 28
3.1.2.1 Bina Yüksekliğinde Havalandırma Kanallı Çift Tabakalı Sistemler 30
3.1.2.2 Gölgeleme Elemanlarının Çeşitleri ve Özellikleri 33
3.1.3 Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları 34
3.1.4 Ekolojik Akıllı Malzemeler 35
3.1.5 Akıllı Binalarda Kabuğun Performansa Etkisi 38
3.2. Akıllı Bina Tanımı ve Dönemlere ayrılması 39
3.2.1 Akıllı Binalarda Yapay Zeka Kavramı 41
3.2.1.1 Fiziksel Bina Zekası 43
3.2.2 Akıllı Binalar ve Analoji 44
3.2.2.1 Akıllı Binaların Öğrenme Yetenekleri 45
3.3 Akıllı Binaların Düzenlenmesi / Yapısı 45
3.3.1 IT (Bilgi Teknolojileri) 46
3.3.1.1 Doğrudan dijital kontrol sistemlerinin kurulması: 47
3.3.1.2 Yerel Ağ Şebekesi 49
3.3.1.3 Belirsiz (Fuzzy) sistemler 49
3.3.1.4 Nöral Ağ 51
3.3.1.5 Dağıtılmış Zeka: 52
3.3.1.6 Gelişmiş Kontrol Sistemlerindeki Yenilikler 53
3.3.2 Akıllı Binalar İçin Tesis Yönetimi 53
3.4 Öğrenen Bir Bina Olarak Akıllı Bina 58
3.4.1 Akıllı Binalar İçin Kullanıcıların Taşıdığı Önem /Birlikte İşlerliği Anlamanın Faydaları : 59

3.4.2 Akıllı Ofis Mekanlarinin Geliştirilmesi için Yapılan Çalışmalar 60
3.4.2.1 Akıllı Çalışma Alanı 61
3.4.3 Bina Enerji Yönetimi, Otomasyonu ve İşletimi 62
3.4.4 Akıllı Bina Teknolojisinin Uygulanmasındaki Eksikliklerin Sebebi 63
3.5 Akıllı Bina Kavramına Ülkelerdeki Gelişimine Göre Uluslararası Bir Perspektiften Bakılması 64
3.5.1 ABD'de IB (Akıllı Bina) Tanımı 64
4 parça arasındaki ilişkinin temel düzenini/gruplaşmasını Şekil 3.21'de gösterilmektedir. 65
3.5.2 Avrupa'daki Akıllı Bina Tanımı 65
3.5.3 Asya'da Kullanılan Akıllı Bina Tanımları 65
3.5.4 Çindeki Akıllı Bina Tanımı 65
3.5.5 Japonya' daki Tanım 65
3.5.6 Türkiye'de Akıllı Bina Tanımı 66
3.6 Farklı Ülke Tanımlarındaki Değişim ve Farklılıkların Karşılaştırılması 68
3.7 Akıllı Binalarda Enerji Analizi Ve Tasarım Süreci Boyunca Simülasyon Programlarının Kullanmı (Akıllı Binaları Değerlendirme Aracı Olarak Simülasyon Programlarının Değerlendirilmesi) 69

4. AKILLI BİNA DEĞERLENDİRME METODLARI 72
4.1 Akıllı Bina Değerlendirme Metodlarının İncelenmesi 75
4.1.1 Orbit 1-2 75
4.1.1.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları 76
4.1.2 MSIR İndeksi Metodu 76
4.1.2.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları 79
4.1.3 LCC Metodu 80
4.1.3.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları 81
4.1.4 Akıllı Bina IQ Derecelendirme metodu 82
4.1.4.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları 84
4.1.5 BRM Metodu 84
4.1.5.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları 86
4.1.6 Akıllı Bina Performans Değerlendirme Metodu (QEM) 86
4.1.6.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları 89
4.1.7 Akıllı Bina Değerlendirme Matris Aracı (MATOOL) 90
4.1.7.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları 97
4.1.8 Akıllı Bina Değerlendiricisi (IBAssessor) 98
4.1.8.1 Göstegelerin Sayısal Seçimi 98
4.1.8.2 Bir Enerji-Zaman Tüketim İndeksi 100
4.1.8.3 Temel Performans Göstergeleri 104
4.1.8.4 Basamak A: ANP modelinin inşası 107
4.1.8.5 Basamak B: Çiftli Karşılaştırmalar 108
4.1.8.6 Basamak C: Supermatris Hesaplaması 110
4.1.8.7 Basmak D : Seçim 113
4.1.8.8 Metodun Avantaj Ve Dezavantajları: 115
4.1.9 Akıllı Binalarda Kullanım Sonrası Değerlendirme (POE) 116
4.1.9.1 Metodun Avantaj Ve Dezavantajları 123

SONUÇ 124
KAYNAKLAR 131
ÖZGEÇMİŞ 139

KISALTMALAR

HCFC	: Hidroklorofluorokarbonlar
CFC	: Kloroflorokarbon
IBI	: Akıllı Bina Enstitüsü
HVAC	: Heating, Ventilation, Air Condition
ABSIC	: Gelişmiş Bina Sistemleri Birleşik Konsorsiyumu / Advanced Building Systems Integration Consortium
UPS	: Kesintisiz Güç Kaynağı
BOS	: Bina Otomasyon Sistemi
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
CO_2	: Karbondioksit
PV	: Güneş Pilleri
IT	: Information Technologies
SO	: Kükürtoksit
BYS	: Bina Yönetim Sistemi
BMS	: Building Management System
LED	: Light Emitting Diode
DC	: Direct Current / Doğru Akım
AC	: Değişen akım
LEED	: Leadership in Energy and Environment Design
POE	: Post Occupation Assessment
BQA	: Building Quality Assessment
IQ	: Intelligence Quality
FS	: Bulanık (Fuzzy) Sistemler
NN	: Nöral (sinir) Ağlar
GA	: Genetik algoritmalar
TIM	: Transparent Insulation Material / Şeffaf Isı Yalıtımı
EBPD	: Avrupa Enerji Performansı Direktifi
DDC	: Doğrudan Dijital Kontrol (DDK)
LAN	: Yerel Ağ Şebekesi
DDDC	: Dağıtılmış Direkt Dijital Kontrol
EMS	: Enerji Yönetim Sistemleri
TMSs	: Isı Takip Sistemleri
LCRs	: Aydınlatma Kontrol ve Azaltma
FLS	: Yangında Hayat Güvenliği
ISDN	: Entegre Hizmetler Dijital Ağı
OA	: Ofis Otomasyonu
LANs	: Yerel Ağlar
MISs	: Yönetim Bilgi Sistemleri
KBS	: Bilgi Temelli Sistem
MSI	: Sistem entegrasyonunun büyüklüğü
MSIR	: Entegrasyonun ölçümü için normalize edilmiş indeks
IDSS	:Intelligent Decision Support Systems/ Akıllı Karar Destek Sistemi
ADSS	:Active Decision Support Systems / Aktif Karar Destek Sistemi

IT	:Information Technology/ Bilgi Teknolojisi
BACNET	:Building Automation and Control Network
BRE	:Building Research Establishment / Yapı Araştırma Kurumu
Matool	:Matrix Tool (A matrix tool for assessing the performance of intelligent buildings)
TRM	:Technology Road Map / Teknoloji Yol Haritası
CABA	:Continental Automated Buildings Association
PI	:Performance Indicator / Performans göstergesi
EOF	:Energy Efficient Office of Future / Geleceğin Enerji Etkin Ofisi
BA	:Building Automation / Bina Otomasyonu
IBI	:Intelligent Building Index / Akıllı Bina Endeksi
ICT	:Information and Communication Technology

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1	Sürdürülebilirliğin ana özellikleri	4
Tablo 2.2	Binaların neden olduğu küresel kirlilik oranları	7
Tablo 2.3	Yeşil binaların yapımındaki artış	9
Tablo 2.4	Yeşil binaların faydaları	10
Tablo 2.5	Çevreye duyarlı tasarımı yönlendiren başlıca ölçütler	18
Tablo 3.1	Literatürdeki temel kavrama farklı isimler ve tanımlamalar verilmiştir. Yeni cephe türleri ile ilgili genel terimler	26
Tablo 3.2	İkinci sınıflandırma kriteri: Boşluğun bölümlendirilmesi	29
Tablo 3.3	Çift kabuk cephelerin avantaj ve dezavantajları	35
Tablo 3.4	Bina yapısallarının, yapı bileşenlerinin yaşam süresi	43
Tablo 3.5	Bulanık (Fuzzy) sistemler (FS), Nöral (sinir) ağlar (NN), Genetik algoritmalar (GA), Geleneksel kontrol teorisi	49
Tablo 3.6	ANN 'nin avantaj ve dezavantajları	51
Tablo 3.7	Akıllı bina teknolojileri ve sistemleri	56
Tablo 3.8	Akıllı binalara doğru geçişler	61
Tablo 3.9	Simülasyon araçları kullanım alanı ve işlevleri	71
Tablo 4.1	Akıllı bina değerlendirme metodlarının hiyerarşik gelişiminin bir özeti	73
Tablo 4.2	Orbit 2- 17 temel konu	76
Tablo 4.3	Akıllı bina içindeki sistem ilişkisi	78
Tablo 4.4	Akıllı bina da sistem entegrasyonu için ölçek örnekleri	79
Tablo 4.5	ABSIC toplam bina performans kriterleri ve organizasyon konuları	82
Tablo 4.6	Yapı IQ faktörleri	83
Tablo 4.7	Tüm bölümlerde kullanılan skala	85
Tablo 4.8	Modül öncelik sırası	87
Tablo 4.9	Matool'da bina özelliklerinin tanımlanması	96
Tablo 4.10	Skorların gerekeli ölçeklendirilmesi ve Enerji/Zaman tüketimi için gereken tanımlar	102
Tablo 4.11	Gösterge i'nin enerji ve zaman tüketimlerine dair skorlama formu	102
Tablo 4.12	IB indeksi esas alındığı ETI'yi kullanılarak seçilen Göstergeler …	103
Tablo 4.13	KPI seçimi için Gann dokuzun karesi	104
Tablo 4.14	Çiftli karşılaştırma ölçeği ……	109
Tablo 4.15	KPI grupları	110
Tablo 4.16	IB değerlendiricisi ANP modeli için Super matris formülasyonu ve alt matrisi	111
Tablo 4.17	İİ (KPIG203) ve İİ (KPIG111) göstergelerinin ikili karşılaştırması ……..	112
Tablo 4.18	Mevcut Akıllı Bina Değerlendirme Metodlarının Karşılaştırılması	126

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 2.1	: 1750'den bu yana sera gazlarındaki artış.....	3
Şekil 2.2	: Farklı gelişim aşamaları için binalarda kullanılan enerjinin toplam enerjinin % desi olarak gösterilmesi.....	3
Şekil 2.3	: Sürdürülebilirlik konsepti.....	4
Şekil 2.4	: Dünyadaki enerji tüketiminin ülkelerdeki dağılımı.....	5
Şekil 2.5	: Son-Kullanıcı Sektörü tarafından dünyada dağıtılmış olan enerjinin tüketimi 2003-2030.....	5
Şekil 2.6	: Ticari ve konut sektöründe enerji tüketim alanları.....	5
Şekil 2.7	: 1990'ların başlarında 'Sürdürülebilir büyüme'senaryosu.....	7
Şekil 2.8	: 7P entegrasyon modeli.....	11
Şekil 2.9	: Bina enerji tüketiminin ana bileşenleri.....	13
Şekil 2.10	: Enerji, non-enerji ve insan sistemleri arasındaki etkileşim.....	13
Şekil 2.11	: Enerji, non-enerji ve insan sistemlerinin içerdiği bileşenler.....	14
Şekil 2.12	: Her aşamada geçerli stratejilerin örneklemesi.....	15
Şekil 2.13	: Tasarım sürecinde tasarım araçlarının kullanımı.....	17
Şekil 2.14	: Yapı sistemleri arasındaki entegrasyon seviyeleri	19
Şekil 3.1	: Tampon cephe çalışma prensibi	30
Şekil 3.2	: Havalandırma tahliyeli cephe sistemi	30
Şekil 3.3	: Açılabilir çift kabuk cephe sistemi	30
Şekil 3.4	: Hibrit cephe çalışma sistemi	31
Şekil 3.5	: Çok katlı cephe; görünüş, kesit ve plan	31
Şekil 3.6	: Koridor cephe; görünüş, kesit ve plan	32
Şekil 3.7	: Kutu pencere cephe; görünüş, kesit ve plan	32
Şekil 3.8	: Şaft kutu cephe; görünüş, kesit ve plan	32
Şekil 3.9	: Şeffaf yalıtım uygulamaları	37
Şekil 3.10	: Akıllı bina gelişimi	40
Şekil 3.11	: Akıllı bina sistem ergonomisi	42
Şekil 3.12	: IDSS nin uygulama alanları	47
Şekil 3.13	: IDSS için faydalı metodlar	48
Şekil 3.14	: Isıl kontrol için Nöral-fuzzy yaklaşımı	50
Şekil 3.15	: Tipik bir alet kontrol takibi içindeki davranış	50
Şekil 3.16	: Servislerin ve bilgi üretim kontrol sistemlerinin sistematiği	52
Şekil 3.17	: IT ve Yapım aşamasının ilişkisinin gösterilmesi	52
Şekil 3.18	: Akıllı Ofis mekanı diyagramı	54
Şekil 3.19	: Akıllı binada system gruplaşmasının örneklenmesi	55
Şekil 3.20	: Bireysel sistemlerin bilgi transferindeki sıklığı	62
Şekil 3.21	: Akıllı bina sistemler bütünü	64
Şekil 4.1	: Bina kontrol ve entegrasyon hiyerarşisi	77
Şekil 4.2	: Ofis binaları için LCC maliyet bileşenleri	81
Şekil 4.3	: İnşaa döngüsü	88
Şekil 4.4	: Akıllı bina araştırmaları ve çeşitli araştırma akımlarının bağlantılarını içeren bir sistem bütünü şeması	89

Şekil 4.5 : Değerlendirme metodu işleyiş düzeni 97
Şekil 4.6 : SIBER Modeli 99
Şekil 4.7 : TIBER Modeli 100
Şekil 4.8 : IBAssessor ANP modeli 107
Şekil 4.9 : Bina performans değerlendirme yapısı 118
Şekil 4.10 : Kullanım-sonrası değerlendirme süreç modeli 120

AKILLI BİNA KAVRAMI VE AKILLI BİNA DEĞERLENDİRME METODLARI

ÖZET

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak bilgisayar ve elektronik alanında yapılan yenilikler tüm alanlarda pek çok kolaylıklar sağlamıştır. İnsanlığın yararına yapılan bu çok önemli gelişmeler, çevre kirliliği, doğal kaynakların tüketilmesi gibi bir çok sorunuda beraberinde getirmiştir. Tüm bu gelişmeler sonucu ,ekolojik dengenin devamlılığı ve enerji kaynaklarının verimli kullanılma isteği ile beraberinde sürdürebilirlik ve sürdürülebilir planlama kavramlarını gündeme getirmiştir.

Günümüzde özellikle enerji kaynaklarının tükenebilecek boyuta ulaşmasına bağlı olarak; bu kaynakların verimli kullanılması ve bina teknolojilerinde enerji verimli tasarım konularına verilen önem artmıştır.

Akıllı binalar olarak adlandırılan bu yeni tasarımlar ile artık binalar değişen iklim şartlarına karşı minimum enerji kullanarak optimum koşulları sağlamak üzere nasıl hareket edebileceğini tahmin edebilen sistemler haline gelmiştir. Ancak, bu binaların verimliliğini, performans ve zekasını nasıl değerlendirebleceğimiz hala net değildir.

Bugüne kadar, akıllı binalara yönelik değerlendirme modelleri üzerinde sistematik bir araştırma yapılmamıştır. Mevcut çalışmaların büyük bir kısmı, bulgularını bilgi teknolojileri perspektifinden elde etmişler ve binanın mimarisi ve bilgi teknolojilerinin gereklilikleri de dahil olmak üzere, entegre bir yaklaşımın parçası olarak, tüm faktörleri hesaba katmamışlardır. Bu tezin amacı bu alandaki boşluğun doldurulmasına yardımcı olmaktır.

INTELLIGENT BUILDING CONCEPT AND INTELLINGENT BUILDING ASSESSMENT METHODS

SUMMARY

The technological developments leading to the innovations in the computer and electronics industries provide many facilities in all areas. These fundamental developments besides being for the benefit of humankind have also brought environmental problems like polution, over-consumption of natural resources.

It is vital that thermal performance of building with its systems as a whole should be well evaluated and optimised in order to achieve energy efficient buildings. Because all building systems are interrelated and interdependent and determine the energy performance of the buildings.

As a result, the desire for the permanence of ecological stability and efficient use of energy resources has put the issues of sustainability and sustainable planning concepts on the agenda. In conjunction with the fact that energy resources has been consumed to a level of near depletion, efficient use of these resources and use of energy efficient desing issues has become more prominent. With these new desings called ‘intelligent buildings’, the buildings have evolved to systems that can forecast how to act for providing optimum comfort with minumum energy use against changing climate conditions. But, how we can assess these buildings effectiveness, performance and intelligence is still not clear.

To date, assessment models for intelligent buildings have not been systematically investigated. Most of the existing studies have derived their findings from information technology perspectives and have not considered all factors including the architecture of the building and the necessities of IT as part of an integrated approach. This thesis aim is to fill this gap.

1. GİRİŞ

Binalardaki enerji kullanımı, dünya enerji kullanımının %30 ila %40'ına denk gelirken, bu kullanım sera gaz emisyonlarının %25 ila %35'inden sorumlu olmakta ve dünya elektrik kullanımının %60 ila %70'ine tekabül etmektedir.
Petrol krizinden yaklaşık 35 yıl sonra 1970 lerde, yeşil idealism ve mimarlık değişen yakın ilişkisi sürekliliği, enerji verimliliğinin akıllı bina tasarımında en önemli öncelik olarak devam etmesini sağladı.

Yaşanılan enerji krizi sonrasında gelişen yeni tasarım anlayışı olarak karşımıza çıkan bu yaklaşımı diğer yaklaşımlardan ayıran en en önemli özellik ise; yapıyı oluşturan tüm bileşenlerin üretiminden, yapının tasarım, kullanım, işletim, bakım, onarım ve yönetimine kadar geniş bir alanı içeren ve gerekli standartlara uygun olarak enerji girdilerinin kullanıcı ve çevresinide kapsayan fayda anlayışıyla maliyeti minumumda tutma hedefidir.

Amacımız, hem akıllı hem de yeşil olanın en iyisini sunan ve içerisinde her türlü alternatiflerin değerlendirilebileceği ve birleştirilebileceği ortak bir zemin oluşturmak olmalıdır. Binalar, yapı elemanlarının bakım seviyelerini en aza indirecek, servislere maksimum erişim sağlayacak ve bu şekilde en yüksek işletim performans seviyesinde sürdürülebilirliklerini sağlanacağı şekilde tasarlanıp inşaa edilmelidirler.

Bunu ancak; sürdürülebilir, akıllı ve yeşil olan binalarla sağlayabiliriz. Bu binalara sahip olmak çok kapsamlı bir işbirliği ve güçlü bir sistem alt yapısı gerektirir. Bu sistemlerin sadece kurulumunun değil; işletiminin, organizasyonunun ve bakımının da doğru yapılıp denetlenmesi gerekir. Bu denetim ve değerlendirmelerin yapılabilmesi için doğru tasarım kararlarının yanı sıra doğru değerlendirme kriterlerine ve modellere gereksinim vardır.

Bu çalışma da bütün bu konular, en temel kavramdan en kapsamlı konuya kadar, bir sıra ile işlenmiş ve sonuçta akıllı binalar için oluşturulmuş bir dizi değerlendirme metodunun karşılaştırması yapılmış ve bu konuda daha sonra yapılacak olan çalışmalara yol göstermesi anlamında bir ilk olma niteliği taşımaktadır.

2. EKOLOJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR GELİŞİM

Hepimiz hayatımızı sürdürebilmek için tek bir biyosfere bağımlıyız. Bununla birlikte her toplum, her ülke refahı için uğraşırken çabalarının başkaları üzerindeki etkilerine pek aldırmadan bilinçsiz ve bencil bir şekilde enerji tükettiler (Şekil2.2). Bazıları yerkürenin kaynaklarını, gelecek kuşaklara pek az bırakacak şekilde tüketmeye devam etti. Ve bunun sonucunda sınırlı olan enerji kaynaklarının tüketimi bizi sürdürülebilir bir dünya için doğal kaynaklara yöneltmeye başladı. Doğal kaynaklara olan ihtiyacımız boyutları, nüfusun ve üretimin yükselmesiyle artmaya devam ediyor. Bu değişimin temelinde ise üç büyük değişken vardır [1]:

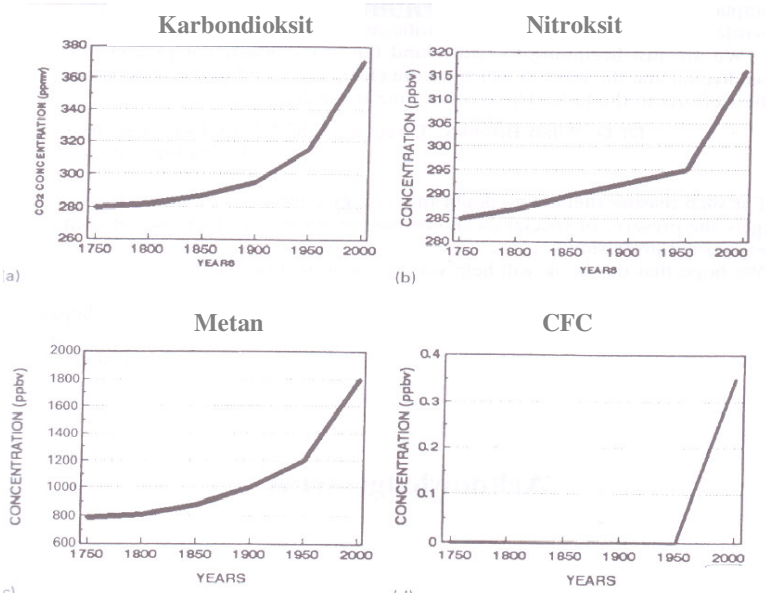
- Globalleşme
- Nüfus artışı
- İklimdeki değişim

1960 yılından günümüze kadar olan, emisyonlar sebebi ile karbondioksit oranı, 315 ppm'den 360 ppm'ye çıkmıştır (şekil 2.1). Enerji kullanımı ile ilgili mevcut endişeler ışığında, sadece maliyet ya da kıtlık sebebi ile değil, aynı zamanda, karbondioksit emsiyonu ve global ısınma açısından yarattığı sonuçları sebebi ile de, ısıl konforun dinamiklerinin anlaşılması daha da fazla önem kazanmıştır. Bugünün birincil enerji kaynakları, yenilenemeyen, doğal gaz, petrol, kömür ve nükleer enerjidir. Ve bu kaynakların kullanımı gelecek yüzyıla uzanacak düzenleri şimdiden şekillendirmektedir [2].

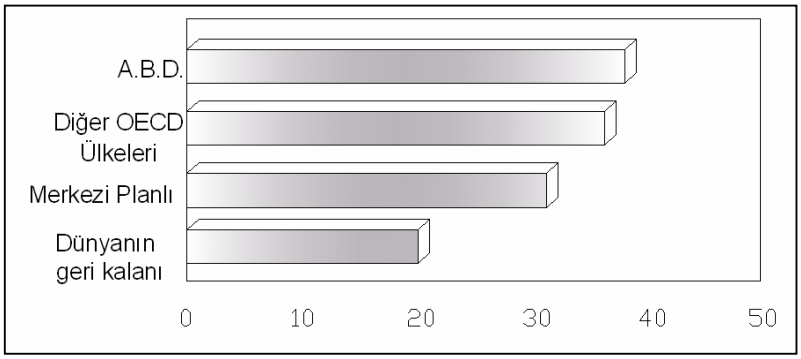
Son 30 yılda çevresel krizlerin büyümesi ile birlikte insanoğlunun doğa ile olan ilişkisinin pek de iyimser olmayan bir hal alması, bizi sürdürülebilir bir yaşam için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yöneltmiştir [3]. Bu kaynaklara örnek olarak, "rüzgar ve biyokütle enerjisini verebiliriz. Şöyle ki; çevre koruma bakımından duyarlı alanlar bir kenarda bırakılsa bile, rüzgarların küresel olarak sahip oldukları potansiyel, halen kullanılmakta olan elektriğin beş katına yeterli gözükmektedir buna benzer bir şekilde biyokütle enerjisinden yararlanmak ise bir anlamda doğanın güneş enerjisi kollektörlerinden yararlanmak demektir [4].

Verimlilik 1960'larda, maliyet 1970'lerde, kalite ve etkinlik 1980'lerde moda olurken, şimdi de 1990'larda binalar, insan yaratıcılığı için uygun bir alan olarak kabul edilmektedir [5].

Günümüzde enerji tasarrufu ve çevrenin daha az kirletilmesi amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının devreye sokulabilmesi amacıyla çok fazla çalışma yapılmaktadır [6].



Şekil 2.1: 1750'den bu yana sera gazlarındaki artış [62]



Şekil 2.2: Farklı gelişim aşamaları için binalarda kullanılan enerjinin toplam enerjinin % desi olarak gösterilmesi

"Sürdürülebilir gelişim" terimi, 1980 yılında, potansiyel negatif çevresel etkileri en aza indirmeye çalışırken diğer yandan, sosyal ihtiyaçlara çözüm bulmaya çalışan gelişme çabalarını tanımlamak için ortaya atılmıştır (Tablo 2.1) [7].

Sürdürülebilir gelişim, politik ve sosyal yapıların ve toplumun sürdürülebilirliğinin yanında, sürdürülebilir ekonomik değişim kalıplarını da gerektirir. Bu sebeple, pek çok alanda yükselişte olan sürdürülebilirlik kavramı, sürekli bir gelişim içerir (Şekil 2.3) [8].

Tablo 2.1: Sürdürülebilirliğin ana özellikleri

■ Nesiller arası ve nesilden nesile eşitlik
■ Doğal çevrenin doğal taşıyıcı kapasitesi içerisinde yaşamak ve onu korumak
■ Doğal kaynak kullanımını en aza indirmek
■ Temel insan ihtiyaçlarının karşılanması

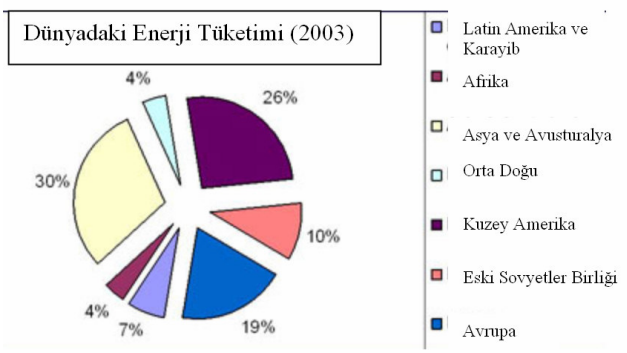


Şekil 2.3: Sürdürülebilirlik konsepti [9]

2.1 Sürdürülebilir Binalar

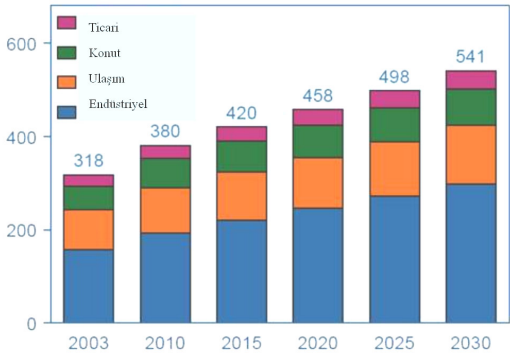
Termodinamiğin ilk kuralı bize, enerjin yaratılamayacağını ve yok edilemeyeceğini öğretir. Bu kural, dikkatleri, bizim materyallerimizi ve enerjimizi ne kadar verimli kullandığımız üzerine çekmektedir [10,11].

Yetmişli ve seksenli yıllardaki "enerji kaynaklarını garanti altına alma" düşüncesi yerini, uzun vadeli senaryolar ve stratejik planlar yapılmasında kullanılan "sürdürülebilir enerji" kavramına bıraktı. Enerjiyi verimli bir şekilde kullanmak son derece önemlidir [4]. Sürdürülebilirlik, toplum ve yapı sektörü için büyük bir önem taşımaktadır. Doğadan elde edilen malzemelerin yaklaşık %50 si yapılarla ilişkilidir ve bu bize yapılardaki enerji verimliliğinin önemini vurgulamaktadır.

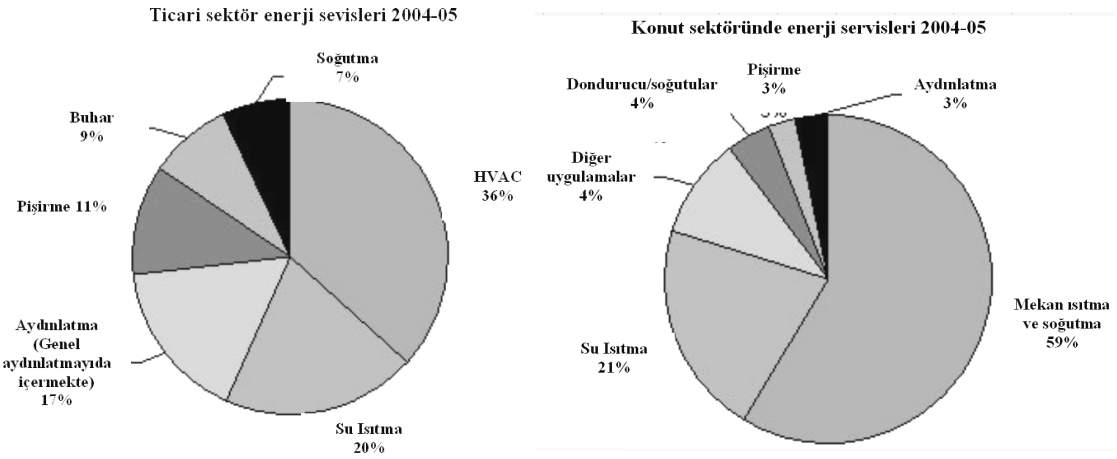


Şekil 2.4: Dünyadaki enerji tüketiminin (Milyar varil olarak petrol tüketim karşılığı) ülkelerdeki dağılımı [12].

Ulusal atık ürünlerinin %50 sinden fazlası yapı sektöründen kaynaklanmaktadır, Avrupa da ise enerji tüketiminin %40 'ı binalar tarafından harcanmaktadır (şekil 2.4) [13]. Türkiye de ise enerjinin yaklaşık yarısı konut ve ticari binalarda tüketilmekte ve bunun da yaklaşık 80%'i ısıtma ve iklimlendirme amaçlı kullanılmaktadır (şekil 2.5) [2].



Şekil 2.5: Son-Kullanıcı sektörü tarafından dünyada dağıtılmış olan enerjinin tüketimi, 2003-2030 (Katrilyon Btu olarak (1 Btu = 1.055 kJ)) [14]



Şekil 2.6: Ticari ve konut sektöründe enerji tüketim alanları [15]

Yapıda enerji sarfiyatının fazla olduğu kısımların ortaya konması sayesinde mimarlar sürdürülebilirliği sağlamak için alınması gereken önlemleri doğru şekilde uygulayabilirler [16,17].

Daha verimli planlama ve uygulamalar için şehir planlamacıları ve mimarlar binaların doğal çevre içinde nasıl biryeri olması gerektiğini tartışmaktadır ve bu tartışmanın içine inşaa için kullanılan malzemelerden camlara vuran güneş ışığının açısına kadar her türlü öğe dahil edilmektedir.

"Form fonksiyonu izler" çağdaş mimarlığın ilkesiyken günümüzde mimari form; teknolojiyi, yaşam tarzlarını, yüksek beklentileri, rahatlığı, pazarlamayı ve konforu izlemektedir. Doğanın içinde formun fonksiyonu izlediği gibi, mimarideki formun da en azından gezegenimizin doğal kaynaklarını ve enerji sistemlerini takip edebilmesi yada uyumlu bir düzen içinde olması gerekmektedir [18].

Enerji tüketimiyle ilgili olan tüm süreçlerin optimizasyonuna duyulan ihtiyaç, prensipte şu hedeflere sahip olmalıdır [19]:

- Çevresel sürdürülebilirliğin artırılması
- Enerji tüketiminin azaltılması
- Ortam kalitesinin artırılması
- İşletim güvenliğinin artırılması
- İşletim ve bakım yüklerinin azaltılması
- Maliyetin azaltılması

Dünyanın, minimum enerji kullanan ve eğer mümkünse enerjilerini yenilenebilir kaynaklardan temin eden binalar tasarlayan bir eko-mimar (ecotect), ya da mühendis-mimar (engi-tects), mimar-mühendis (archi-neers) gibi yeni meslek dallarına ihtiyacı vardır. Çünkü bu ilerlemenin tek yoludur. Mimarlar ve mühendisler deneme niteliğinde örnekler geliştirebilir ve alternatif çözümler önerebilirler, ancak bu tür başarıların ölçümü ve etkinliği her zaman geniş sosyal, politik ve ekonomik konulardan etkilenecektir [20,21].

Bugünün 'Neo-Mordernizm' yada 'High-Tech' yaklaşımları, geçmişteki 'Moernizm' yada ' Post-Modernizm' yaklaşımlarından, yapı sistemlerinin ve bileşenlerinin ayrılmaz birlikteliğini ve entegrasyon artışını kabul etmesi nedeni ile önemli bir

farklılık taşımaktadır. High-Tech yaklaşım, teknolojiden enerji etkin binalar oluşturma açısından maksimum yararlanan tasarımların ve ekip çalışmasının temellerini atmış olması açısından önemli bir sıçrama noktasıdır [22].

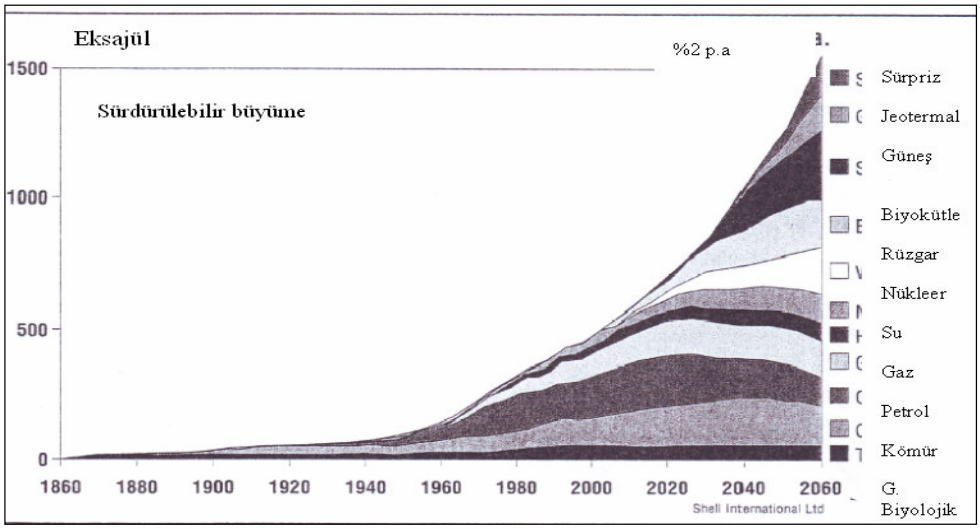
2.1.1 Ekolojik Tasarım ve Enerji Verimliliği

Binalardaki enerji kullanımı, dünya enerji kullanımının %30 ila %40'ına denk gelirken, bu kullanım sera gaz emisyonlarının %25 ila %35'inden sorumlu olmakta ve dünya elektrik kullanımının %60 ila %70'ine tekabül etmektedir ve bu enerjinin %60'ı iklimlendirme amaçlıdır ve bunun büyük kısmı da israf edilmektedir [23,24].

Tablo 2.2: Binaların neden olduğu küresel kirlilik oranları [25]

Kirlilik	**Binayla ilgisi**
Hava kalitesi (Şehirler)	%24
Küresel ısınma gazları	%50
İçme suyu kirliliği	%40
Yüzeysel katı atıklar	%20
CFCs/HCFCs	%50

'Çevre' kavramınınn son yirmi sene içinde kamaşık bir duruma gelmesinde olduğu gibi (doğal çevre-yaratılan, çevre-teknolojik, çevre-sosyal çevre gibi), modern ekolojide giderek daha fazla konuyu kendi ilgi alanının kapsamına almaktadır. 'Ekoloji' , organizmalar ve onların fiziksel ve biyolojik çevreleri arasındaki etkileşim bilimi olarak tanımlanmaktadır. Bir ekolojik denge, hiçbir zaman sabit ve durağan olmaz [20,26].



Şekil 2.7: 1990'ların başlarında 'Sürdürülebilir büyüme' senaryosu

Şekil 2.7'de 1990'ların başlarında sürdürülebilir büyüme senaryosu üzerine oluşturulmuş bir tahmin grafiği. Grafik, fosil-temelli yakıt üretimindeki azalmayı, artan enerji talebini ve yenilenebilir eneji sektörünün büyümesini aşamalı olarak göstermektedir.

Ancak yapılan çalışmalar yenilenebilir enerji kaynaklarında öngörülen iyimser oranlara hala ulaşılamadığını göstermektedir.

2.1.1.1 Yeşil Bina Kavramı

Yeşil binalara yönelik organize hareket, insan aktivitesinin yerel ve global ekosistemler üzerindeki etkilerinin doğurduğu endişelerin artmaya başladığı 1970'lerde başlamıştır.

Bu dönem petrol krizinden yaklaşık 35 yıl sonraya denk gelir, yeşil idealism ve mimarlık değişen yakın ilişkisi sürekliliği, enerji verimliliğinin akıllı bina tasarımında en önemli öncelik olarak devam etmesini sağladı [21,27]. Kriz sonrası, gelişmiş ülkelerde sanayide ve ulaşımda alınan enerji tasarrufu önlemleri sonucu binalarda harcanan enerji tüm enerji tüketiminin yarısına yükseldi. Türkiyede de artan kentleşme ve yaşam standardı benzer bir sonuç doğurdu ve 1990 istatistiklerine göre bu oran 44% civarındadır [2].

1980'lerde, iklim değişikliğiyle ortaya çıkan ikinci büyük şok, ozon tabakasındaki açılma ve sera gazlarındaki artış ve global ısınma belirgin bir hale geldi [20]. 1987 yılında Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Gelişim Komisyonunun 'Ortak Geleceğimiz' başlıklı raporunun yayımlanması ile birlikte, sürdürülebilirlik kavramı, çevresel ve ekonomik düşüncenin merkezine yerleşmeye başlamıştır. Bu, sürdürülebilir gelişim kavramını, politik düşüncenin merkezine yerleştirmeye çalışmaya yönelik ilk temel, uluslararası işbirliği niteliğine sahip girişimdir ve ayrıca ilk uluslararası politik dokümandır. 13 Haziran 1992'de, dünyanın yaklaşık 100 ülkesinden liderler, dünya çapındaki bir çevresel facianın önlenmesine yönelik tedbir planları almak için Rio De Janerio'da bir araya gelmişlerdir [9,28]. 1996 yılı Temmuz ayının ilk iki haftası sırasında İstanbul'da düzenlenmiş olan Habitat II, insan yerleşimleri üzerine ikinci Birleşmiş Milletler konferansıdır. Bu toplantı, 1992 Yeryüzü Zirvesini de içeren bir dizi zirvenin sonuncusuydu. Daha çok "Şehir Zirvesi" olarak bilinen bu konferans, tüm dünyada toplumların uzun-dönemli sürdürülebilirliklerini tehdit eden 'barınma krizi'ni ortadan kaldırmanın yollarını

araştırmıştır [9]. Kyoto Protokolü ile ülkeler, emisyonların kısa dönemde azaltılmasını sağlayacak teknoloji ve önlemlere odaklanmıştır. Bütün bu gelişmeler yapılarda sürdürülebilirlik kavramının gelişmesi için uzun döneme yönelik faaliyetlerin iki kategoride ele alınması gerekli kılmıştır. Bunlar:

1.Uzun dönemli Ar-Ge faaliyetleri

2. Teknolojilerin yaygınlaştırılmasının kolaylaştırılması ve desteklenmesi

Teknolojideki ilerlemeler ve Ar-Ge faaliyetleri sonucunda, binaların sahip olacağı özellikler şöyle sıralanabilir:

- Bilgisayar kullanılarak yapılan bina tasarım ve optimizasyonları
- Elektrokrom camlar ve süper yalıtkanlardan müteşekkil duvar sistemleri
- Dış ortam sıcaklıkları ile bina içi ihtiyaçları optimize eden ve günışığından en iyi şekilde yararlanmayı sağlayan pencere sistemleri
- Doğal aydınlatmadan azami yararlanmayı sağlayan aydınlatma sistemleri
- Fotovoltaik yapı elemanları (çatılar, kiremit ve paneller vb.)
- Enerji üretimi ve havalandırma sistemleri için (sensörlerle kontrol edilen) yakıt hücreleri
- Enerji depolama sistemleri
- Bölgesel ısıtma ve soğutma sistemleri
- Enerji ve su teminini ayarlayan ve düzenleyen (akıllı teknolojileri de kullanan) ileri kontrol sistemleri [29]

Tablo 2.3: Yeşil binaların yapımındaki artış [30]

Yıl	1999	2000	2001	2002	2003
Yeni yeşil binalar	0	45	267	331	407
Alan (feet kare milyon)	-	8	51	78	113

1.Sürdürülebilirlik: çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik olarak üç temel konuda ele alınmakta ve bunun sonucunda, yeşil binalara yardımcı olacak, göz önünde bulundurullması gereken öğeler **Tablo 2.4**. içinde gösterilmektedir.

2.Ekonomik sürdürülebillirlik, sürdürülebilirliğin içerdiği konfor, sağlığın korunumu ve değerlerin korunması öğelerini içeren, yatırım ve kullanım giderleri ile sosyal ve kültürel değerler olarak ayrılabilir [31].

Tablo 2.4: Yeşil binaların faydaları

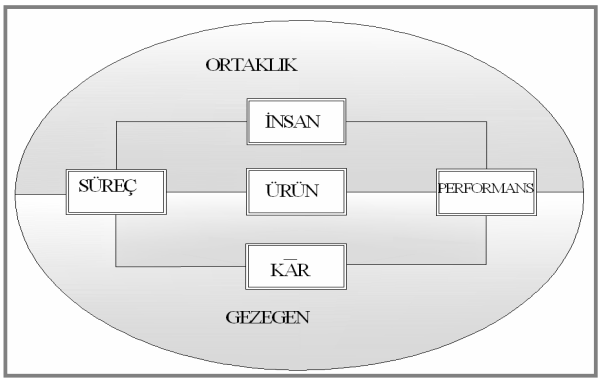
Çevresel Faydalar	Ekosistemlerin ve Biyolojik çeşitliliğin korunması ve artırılması
	Su ve hava kalitesinin artırılması
	Katı atık azaltımı
	Doğal kaynakların korunması
Ekonomik Faydalar	İşletim maliyetlerin azaltılması
	Mülk değeri ve karların artırılması
	Çalışan verimliliğinin artırılması ve memnuniyet
	Yaşam-devri ekonomik performansın optimizasyonu
Sosyal Faydalar	Hava, sıcaklık ve akustik çevrenin iyileştirilmesi
	Kullanıcı konforu ve sağlığını yükseltmek
	Yerel altyapı üzerindeki etkiyi en aza indirmek
	Toplam yaşam kalitesine katkıda bulunmak

Herkes, sürdürülebilir bir çalışma ortamı oluşturma anlamında katkıda bulunmalıdır. Akıllı binaların, sürdürülebilirliklerine olan inanç ve sosyal sorumluluğa duyulan ihityaçtan ortaya çıkmakdır ki bu binalar için geri dönüşümlü malzeme kullanımı atık arıtma sistemleri, yenilenebilir enerjilerden yararlanan aktif, pasif yada karma sistemler öncelikli standart ölçütlerini ortaya çıkarmıştır. Amacımız, hem akıllı hem de yeşil olanın en iyisini sunan ve içerisinde alternatif tekliflerin değerlendirilebileceği bütünleşik bir ortak zemin oluşturmak olmalıdır [3,5,32]. Yapı elemanları, bakım seviyelerini en aza indirecek ve servislere maksimum erişim sağlayacak ve de bu şekilde en yüksek işletim performans seviyesinde sürdürülebilirliklerinin sağlanacağı şekilde tasarlanıp inşaa edilebilmelidir [33]. İklimsel olarak tepki verebilen bir bina, aynı zamanda, binada yaşayanların, bölgenin dış iklimini - yani günlük ve mevsimsel değişimleri- tecrübe ederken, aynı zamanda kendilerini daha sağlıklı hissetmelerini sağlayabilen bir yapı olmalıdır [34,35].

2.1.1.2 Akıllı ve Yeşil Olan Binalar

Mayıs 1996 da, Londra daki "akıllı&yeşil?" başlıklı konferansından, Akıllı binalar ve Yeşil Gündem – Radikal bir değerlendirme: Seminerden çıkan sonuç, daha sonra INTEGER olarak adlandırılacak olan ve akıllı ve yeşil binaların faydalarını gelişitirip açıklamaya adanmış, açık bir akıllı ve yeşil bir ortaklığın oluşturulması şeklindedir.

Bu ortaklığın çalışma şekli, binaların tasarlanması, inşası ve kullanım süreçlerine bütünsel bir bakış getirmek ve akıllı ve yeşil prensiplerini kapsamlı ve entegre bir şekilde uygulamaya yönelik fırsatların tespit edilmesine dayanmaktadır. Yenilikçilik ve faydaların; süreç, ürün, performans, kar, insan, gezegen ve ortaklık seviyelerinde aynı anda nasıl sunulabileceğini gösteren 7P [Process, Product, Performance, Profit, People, Planet and Partnership] entegrasyon modeli oluşturulmuştur (şekil 2.8) [36].



Şekil 2.8: 7P [Process, Product, Performance, Profit, People, Planet and Partnership] entegrasyon modeli [36]

Ekim 1998'de BRE ' de düzenlenen Akıllı Bina Konferansı, henüz tanımlanmamış olan problemler için çeşitli çözüm durumları ortaya koymuştur. BRE konferansında ağırlık kazanmış olan düşünce, gerçek anlamda akıllı olan bir binanın "yeşil" bina – yani pasif sistemlerinden eksiksiz olan yararlanan ve "iç ortamlarını" kontrol altında tutmak için çok fazla zeka unsuru içeren otomasyonlıu ve yüksek seviyede bakım öngören "yüksek teknolojili" binalara kıyasla "düşük teknolojili" olan bina olduğu yönündedir. Her iki konferansında ortak paydası akıllı bir binanın teknolojik unsurların varlığıyla değil sürdürülebilir bir anlayış içinde yeşil mimariyi içermesi yönündedir. Ve bu anlayışla; gelişmiş yapı teknolojilerinin artırılması, binaların çevresel kalite ve performansının artırılmasıyla mümkün olabilir [37].

2.1.2 Enerji verimliliği ve Ekolojik Binalarda Çevre Kontrolü

Enerji verimliliği, tasarım profesyonelleri için temel bir gereksinim halini almıştır. Daha az enerji tüketen binalar oluşturmaya yönelik bu ihtiyaç, çok çeşitli dış baskılardan kaynaklanmaktadır. 1986 ila 1995 yılları arasındaki dönem için belirlenmiş olan enerji verimliliği hedefleri, 1986 yılında, nihai talebin enerji yoğunluğunda iyileştirme sağlamak amacıyla %20'lik ilave bir hedef konularak genişletilmiştir [38]. Bu ise ancak yenilenebilir enerji kaynakları arasında en önemli paya sahip olan güneşin tasarım anlayışı içine entegrasyonuyla mümkün olmuştur. Biyoklimatik tasarımda, pasif ve aktif terimleri, iklim entegrasyonu (pasif) içeren ya da enerji girdisine ihtiyaç duymayan (aktif) stratejiler için sınırlar olarak kabul edilmektedir [28].

Burdan hareketle solar sistemleri incelediğimiz zaman üç aşamada değerlendirme yapabiliriz:

1.Pasif solar: mimarlıkta; pasif solar, en etkin biçimde ısıtılan mekanlar olarak, güney camları, güneş galerileri, atriumlar ve eklenmiş olan seralar şeklinde kullanılmaktadır [18]. Güneş enerjisiyle ilgili verimlilik koşulları ülkeden ülkeye şu özelliklere bağlı olarak dikkate değer bir değişim gösterir; iklim, yapı standartları, yakıt tedariğindeki rekabet, enerji tüketimi, yönlenme, yapı formu, gölgeleme ya da diğer sistemler [39].

2.Aktif Solar: aktif sistemler hava ve sıvı kullanan tiplerdeki güneş kollektörlerinin kullanımı şeklindedir. Dış ortamdaki soğuk havanın, havalandırma için ön ısıtmadan geçirilmesine ihtiyaç olduğu zaman, aktif havalı sistemler, ticari, kurumsal ve diğer kullanımlar için hava etkisini azaltıcı olanak sağlar [18].

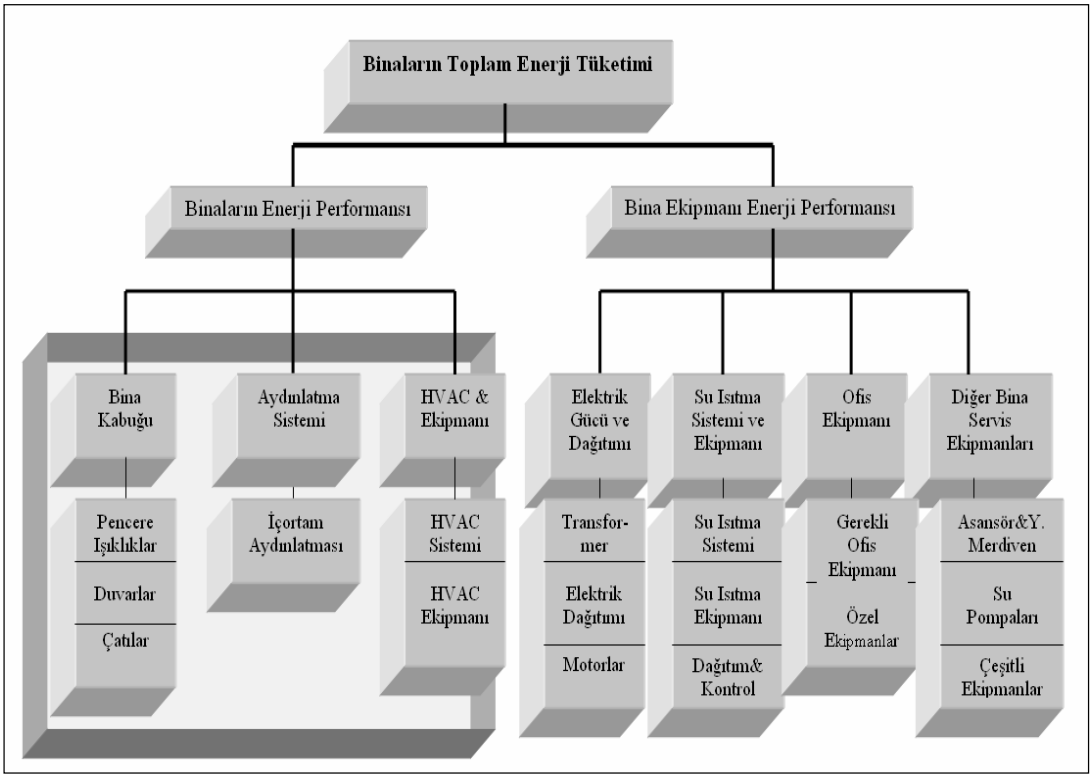
3. Hibrit Solar: aktif ve pasif sistemlerin bir arada kullanılması şeklinde özetlenebilir.

Bu sistemlerin temel amacı, enerji optimizasyonu sağlayıp minumum enerji tüketen entegre bir yapı oluşumunu sağlamaltır. Bu entegre yapıların enerji performansları, varolan yada önerilen bina için kullanılan veya tüketilen enerjidir [40].

Tasarımcılar bu sistemleri kullanarak, değişen koşulların; politik yönlerine, teknolojik yönlerine ve sosyal yönlerine cevap vermeye çalışmaktadır [41].

Tüm bina göz önünde bulundurulduğunda, enerji performansı, analiz ve optimizasyon süreçlerini karmaşıklaştıran tekil performansları bir araya getirmektedir. **Şekil 2.9**

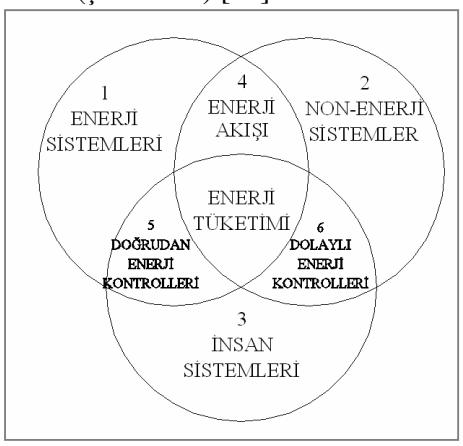
bina enerji tüketiminin temel bileşenlerini göstermektedir [42]. Bir yıl içinde binanın toplam enerji tüketimi genellikle performansın ana göstergesidir (şekil 2.9). Asıl enerji analizi, aylık tüketim, pik talepler ve bileşen bozulmaları gibi diğer yaklaşımlarıda içerir.



Şekil 2.9: Bina enerji tüketiminin ana bileşenleri [42]

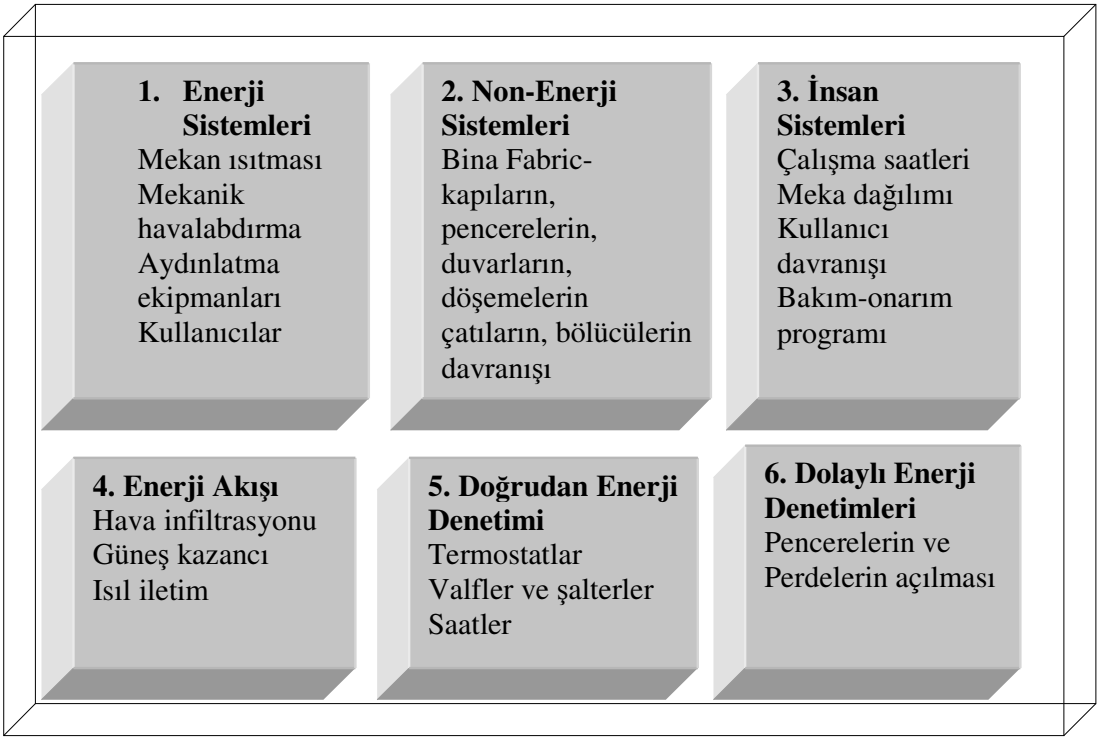
Enerji anlamında, birbiri ile etkileşim halinde olabilen ve genel performası belirleyen üç ana faktör vardır: bina yapısı, bina hizmetleri/servisler ve binada yaşayanlar/kullanıcılar (şekil 2.10) [28].

.



Şekil 2.10: Enerji, non-enerji ve insan sistemleri arasındaki etkileşim [28]

Non-enerji sistemleri enerjiyi doğrudan kullanamaz ancak sistemlerin tükettiği enerji miktarını etkiler. Hem enerji hemde non-enerji sisteleri insan sistemlerince kontrol edilir (çalışma saatleri, kullanıcı davranışları, temizlik programları, bakım-onarım ve termostat dzeneği) (şekil 2.11).Kullanıcıların davranışı non-enerji sistemlerinin kullanımının (perdeleri çekmek ve pencereleri açmak vb.) enerji sistemleri üzerindeki etkisini belirler. Aynı zamanda, kullanıcı müdahelesinin olası olduğu enerji sistemlerinin işletiminide etkiler [42].



Şekil 2.11: Enerji, non-enerji ve insan sistemlerinin içerdiği bileşenler [28]

Enerji tasarrufu konularına pasif yaklaşım, bina yapısının net bir şekilde ifade edilmesi üzerine dayanmaktadır. Geometrik ve maddesel anlamda, form, çevre ile olan etkileşiminde bir binanın enerji verimliliğini belirler [43].

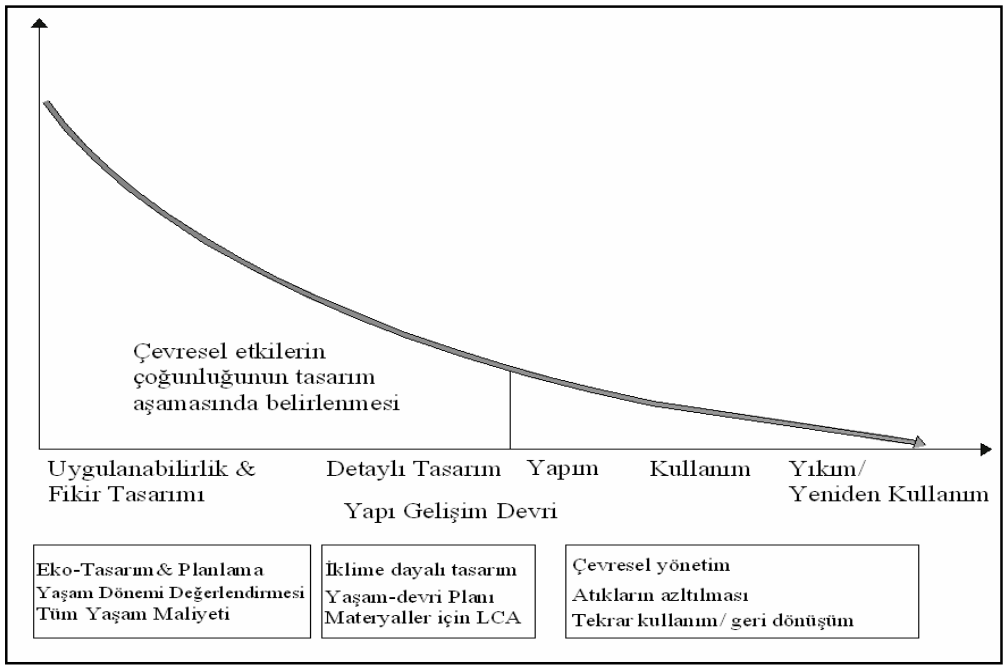
2.1.3 Ekolojik Olarak Sürdürülebilir Yapıların İlkeleri

Yaşanılan enerji krizi sonrasında gelişen yeni tasarım anlayışı olarak karşımıza çıkan bu yaklaşımı diğer yaklaşımlardan ayıran en en önemli özellik ise; yapıyı oluşturan tüm bileşenlerin üretiminden, yapının tasarım, kullanım, işletim, bakım, onarım ve yönetimine kadar geniş bir alanı içeren ve gerekli standartlara uygun olarak enerji girdilerinin kullanıcı ve çevresinide kapsayan fayda anlayışıyla maliyeti minumumda

tutma hedefidir. Sürdürülebilir bir mimarlık ise, enerji ve malzemenin, tasarlanmış bir sistem bütünü içinde doğal çevreye zarar vermeden kullanımını öngörmektedir [44].

Sürdürülebilir bir bina, sonsuza dek sürmek zorunda olan değildir ancak değişime kolayca adapte olabilen binadır. Yaşam-döngüsü düşünce tarzı, çevresel şartlara esnek olan ve çok farklı insan ihtiyaçlarına hitap edebilen binaları yaratmak için uygulanır [10].

Tasarım, algılanan bir ihtiyacı ya da isteği karşılamak için maddenin, enerjinin ve sürecin amaçlı olarak şekillendirilmesi olarak tanımlanabilir. Tasarım; madde, enerji akışı ve arazi kullanımı seçimleri aracılığı ile kültürü ve doğayı, birbirine kaçınılmaz bir şekilde bağlayan dayanak noktasıdır. Ekolojik tasarım zekası -doğal ve yapma çevre arasındaki ilişki- problemleri anlamaktan daha fazlasıdır; sürdürülebilir çözümler arar ve uygular [41]. Ekolojik olarak sürdürülebilir binalar yaratabilmek için yapım aşamasında sürdürülebilirlik konusu dikkate alınmalıdır [45]. Bu **Şekil 2.12**'de aşamalara göre değerlendirilmiştir.



Şekil 2.12: Her aşamada geçerli stratejilerin örneklemesi

Ekolojik tasarım anlayışı içinde sürdürülebilir yapıların temel ilkelerini şu şekilde özetleyebiliriz:

- Kaynakları, doğanın, onları yenileyebileceği hızdan daha hızlı bir şekilde tüketmemek

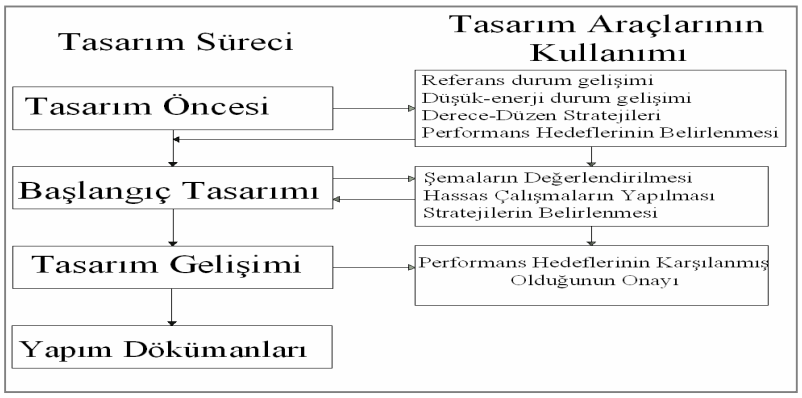
- Maksimum enerji kalitesi tüketen sistemler yaratmak
- Sadece, besin maddesi ya da kaynak üretimi için ham madde olan yan-ürünler yaratmak
- Biyolojik ve işlevsel uyumluluk ve çeşitliliğin geliştirilmesi
- Ekosistemlerin korunması ve doğal sistemlerin iyileştirilmesinin desteklenmesi
- Yaşanabilir şehirlerin gelişiminin desteklenmesi
- Enerji, su, toprak ve materyaller olmak üzere, kaynakları verimli şekilde kullanımı
- Sağlıklı iç yaşam ortamları yaratmak
- Atık ve kirliliği yok etme yönünde ilerlemek
  - Projede kullanılan malzemelerin üretiminde
  - Projenin yapımında
  - Projenin kullanımında
  - Binanın ve bileşiklerinin en son aşamada yok edilmesinde
- Fosil yakıtlardan uzaklaşmak
  - Fosil tabanlı yakıtların kullanımını azaltmak
  - Sürdürülebilir kaynakların kullanımını arttırmak [10,11]

Enerji verimliliği sunan bir binanın tasarımcısını ilgilendiren konular arasında ise şunlar vardır [18,38] :

- Bina formunun, ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisi
- Bina kabuğunun, gün ışığı, güneş ısısı kazanımı ve doğal havalandırma sağlamadaki rolü.
- Binada yaşayanların/kullanıcıların binaların çevresel kontrolü anlamında işletme stratejisindeki rolleri
- Verimlilik için planlama ama şu anki ve gelecekteki ihtiyaçların her ikisinede hizmet verebilecek fonksiyonel esnekliği sağlayabilen

- Aydınlatmayı optimize edecek bir sorumlulukla yapay aydınlatmayı azaltmak ve direkt güneş ışınımına karşı kontrol sağlayarak mekanik soğutmada ekonomi sağlamayabilmek ve biyolojik canlılığımıza fayda sağlayabilmek
- Enerji korunumunun optimizasyonu ve ihtiyaç duyulana en uygun olanının sağlanması için HVAC zonlaması gereklidir

Tasarım aşamasında, bilgisayar sümülasyonları kullanarak, bina ve işletme maliyetlerini analiz ve tahmin etme yeteneği, bir binanın performansını geliştirme anlamında çok etkilidir [38]. Pek çok araştırma, bir binanın enerji performansını yükseltme anlamındaki en iyi fırsatların tasarım sürecinin ilk safhalarında ortaya çıktığını kabul etmektedir [28].



Şekil 2.13: Bir tasarım aracı gösterildiği şekilde, normal mimari tasarım sürecini tamamlayıcı olmalıdır [23]

Markus tasarım sürecini onbir aşamaya ayırmaktadır [28] :

1. Tasarım parametrelerinin belirlenmesi

2. Bağımsız değişkenlerin belirlenmesi

3. Bağımlı değişkenlerin belirlenmesi

4. Parametreler ve değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi

5. Bağımsız değişkenlerin değerlerinin tahmin edilmesi.

6. Bağımlı değişkenler ile ilgili kısıtlamaların belirlenmesi

7. Tasarım parametreleri ile ilgili kısıtlamaların belirlenmesi

8. Tasarım parametrelerinin değerlerinin belirlenmesi

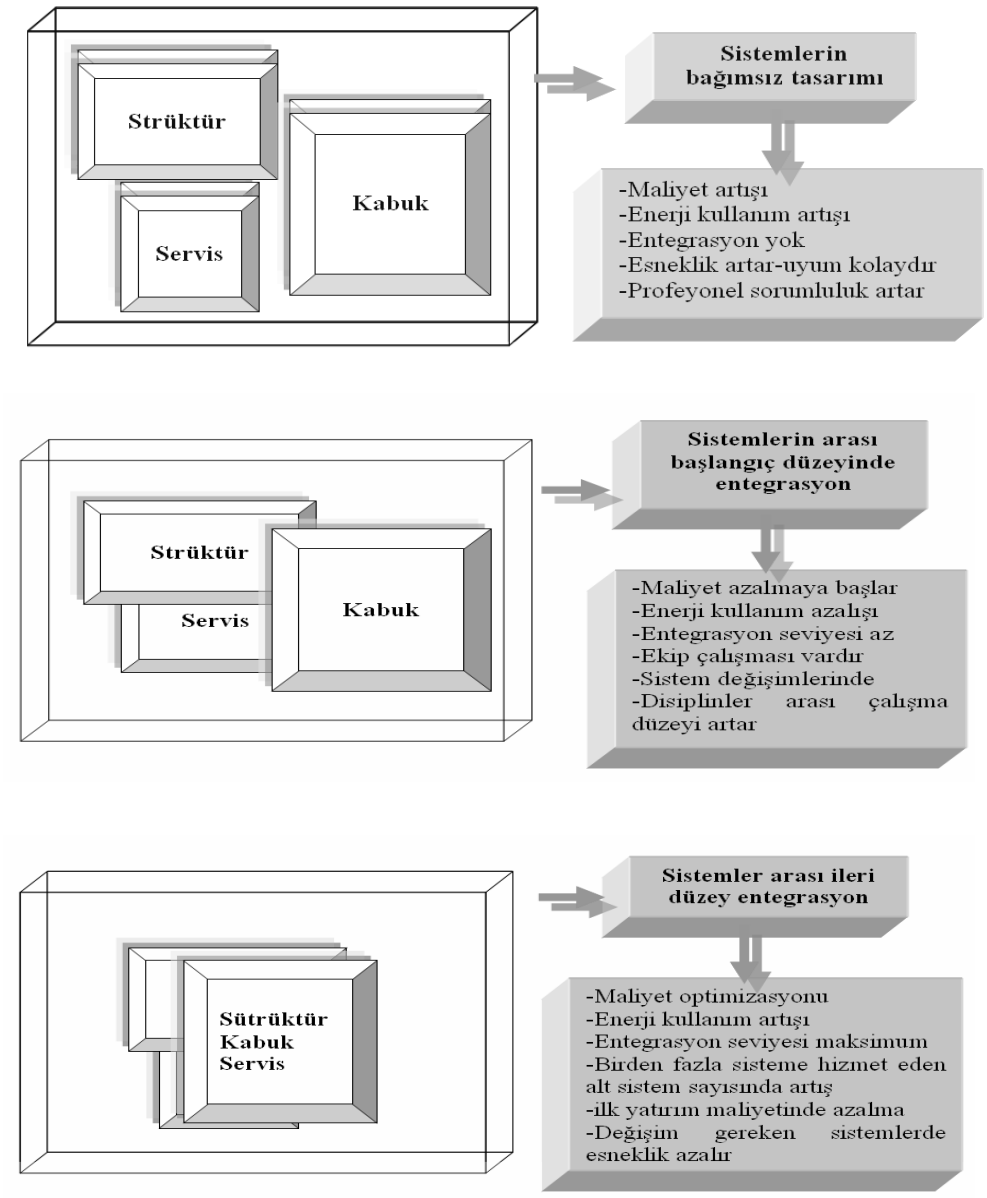
9. Bağımlı değişkenlerin tahmin edilen değerinin belirlenmesi

10. Değerlerin, ilişkilerin ve sınırlamaların tutarlılığını araştırmak

11. Alternatif tasarım parametrelerinin karşılaştırılması ve bunların arasından seçim yapmak

Tablo 2.5: Çevreye duyarlı tasarımı yönlendiren başlıca ölçütler [46]

Şantiye ve yapım	Bölgenin yerel verileri analiz edilir, zamanlama ve enerji kullanımı akılcı şekilde planlanır. Mevcut yeşil dokuya zarar verilmez, hava, su ve gürültü kirliliği yaratılmaz. Geri dönüşümlü malzemeler kullanılır, atıklar kontrol edilir.
Doğal yaşam	Topoğrafyanın yeşil dokusu zenginleştirilir. Yeraltı ve yer üstü doğal yaşamı korunur.
Arazi kullanımı	Binanın biçimlendirilişinde arazi eğimine uyum ön ölçüttür. Verimli topraklar korunur.
Kentsel ilişki	Açık alnlar, toplumsal mekanlar korunur, güneş ve rüzgar dikkate alınır, toplumsal kurallara saygılıdır.
Bina formu	Bina ısı kayıplarının ve kazancının kontrol edilmesi amacıyla, uygun geometrik biçim, dış yüzey alanı ve taban alanı seçilir. Bina kabuğu ve boşluklar yerel verilere bağlı olarak doğru yönde ve büyüklükte tasarlanır.
Mekan organizsyonu	Isı kayıplarını azaltmak yada artırmak, gün ışığından ve doğal havalandırmadn maksimum yararlanmak amacıyla, mekanlar uygun konumlarda, doğru yönde ve yeterli büyüklükte tasarlanır.
Yapı malzemesi	Doğaya zarar vermeyen, geri dönüşümlü, yöresel, bölgenin iklim koşullarına uygun ısı geçirgenliğine, üretim ve uygulamada çok enerji gerektirmeyen vb. gibi özelliklere sahip malzemelerdir.
Enerji kullanmı	Fosil tabanlı enerji kullanımından kaçınılır, enerji tasarrufu sağlayan sistemler üzerinde durulur. yenilenebilir enerji kaynakları kullanılır.
Su	Temiz su kaynaklarına zarar verilmez bölgesel olarak kullanılır. yağmur ve atık sular depolanır ve yeniden kullanılır.
Hava	Atmosfere zararlı, hava kirliliğine yol açan malzeme ve sistemler özellikle CFC gibi ileşikler içeren malemeler kullanılmaz.
Atıklar	Atık miktarının en aza indirlmesi amacıyla özel dolşım sistemleri tasarlanır. Katı ve sıvı atıklar sınflanır ve ayrılır, işlenerek yeniden kullanılır.
Yıkım aşaması	Binanın ekonomik ömrü, verimli kullanım süreci ve sonrası önceden planlanır ve gerekli öngörülerde bulunulur.



Şekil 2.14: Yapı sistemleri arasındaki entegrasyon seviyeleri

Ekolojik olarak sürdürülebilir binanın fizibilite aşaması için stratejiler arasında şunlar vardır :

- Yaşam boyu maliyeti
- Çevresel etki değerlendirilmesi
- Çevresel maliyet-fayda analizi [47]

Özetle, ekolojik yaklaşım; yapma çevre ekosistem kavramı kullanılarak analiz edilmelidir [35].

Sürdürülebilir tasarım, çok farklı ekonomik faydalar sağlayabilir. Bunlar, enerji ,su ve meteryallerin tasarruf sağlanması gibi azaltılmış bakım masrafları ve azaltılmış diğer işletim maliyetlerinin ekonomik olarak fayda sağlanmasını içerir (tablo 2.5) [11].

"Kaynak kullanımında etkinliğin artırılması ve sürdürülebilir bir gelecek" açısındanyapıların sahip olması gereken 4 temel hedef vardır ve bunlar (4R: reduce,reuse,recycle,renewable) tasarruf edilebilir, tekrar kullanılabilir, dönüştürülebilir ve yenilenebilir olmasıdır [48,49].

Bu tür bir tasarım anlayışının ancak alt sistemler arasında entegrasyon düzeyinin artırılmasıyla verimli hale geleceği açıktır (şekil 2.14). Yapıyı oluşturan sistemleri birbirinden kopuk olarak algılayan bir tasarım anlayışı ile alt sistemlerin entegre çalışmalarını sağlayan bir anlayış arasında sadece maliyet açısından değil aynı zamanda performans açısından da istenmeyen sonuçların ortaya çıkma sebebi olabilecek şekilde büyük farklar vardır. Bu noktada doğru tasarım ve entegrasyonu için aşağıda belirtilen "Yapma Çevreye İlişkin Tasarım Parametleri" nin doğru değerlendirilmesi gerekir:

- **Binanın yönlendiriliş durumu:** Bina yönlendirilmesinde diğer amaç doğal havalandırılmanın sağlanması için hakim rüzgar etkisinden yararlanmaktır. Yöne göre değişim gösteren dış iklim koşulları, iklimsel konfor gereksinimlerine bağlı olarak optimize edilebilirler [50]. Popüler mimari ve iklim arasındaki ilşkiyle ilgili çalışırken, ilk olarak yer yüzünde bulunan farklı tiplerdeki iklimleri sınıflandırmalıyız [51].
- **Bina formu ve iç plan düzeni:** Ofislerin çalışma ortamındaki değişimler, ofis kültüründe, büyük oranda mikro-bilgisayarın ortaya çıkışı ile bağlantılı olan bir değişimi yansıtmaktadır. Pasif yaklaşım; günışığı ve doğal havalandırmadan faydalanabilen daha dar plan formları ve de beraberinde iyi düşünülmüş bir konumlama ve korunma sağlayan bir arazi yapısı ile karakterizedir. Binanın şekli ve oranları, açıklığın bulunduğu yere bağlı olarak, doğal aydınlatması açısından önemlidir [38,52]. Yüksek yapıların rijit biçimsel profili ve doğal güçler arasındaki etkileşim, doğrudan güneş ışınımından kötü şekilde etkilenen geniş alanlara karşı uzun gölgeler, rüzgar koruyucularına karşı istenmeyen rüzgar

tirbülansı gibi çelişen özelliklere sahip mikro-iklimlere yol açmışlardır [53]. Bina yönü ve formu, enerji tasarrufu yaratacak şekilde tasarlanır. Bu geometriyi elde etmek için ileri düzey bilgisayar modelleme ve yapım teknikleri kullanılmaktadır [54]. Binaların formları ve yönlerinin doğal havalandırma ile uyumluluğuna özellikle dikkat edilmelidir [55].

- **Planlama aşaması ve yer seçimi:** Entegre planlama süreçlerinin, özellikle bina iklimi ve hava-fiziği alanlarında, doğrusal düşünce süreçlerinden daha fazla iş-gücü-gerektirdiği konusunda şüphe yoktur. Bir yapının enerji tüketimi, içindeki servis çekirdeklerinin yerleştirilmesiyle ciddi anlamda etkilenecektir. Bina tasarımı yardımı ile soğutma ihtiyaçlarının en aza indirilmesi için; yapı planlamasına açıklıkların yönleniş ve boyutlarına, kabuğun rengine, bitki örtüsüne ve gölgeleme elemanlarına dikkat edilmesi gerekir [55,56,57].

Bütün bu kriterler sağlıklı, konforlu, verimli ve enerji etkin bir yapının oluşturulabilmesi için gerekliliklerdir. Ancak tasarım aşamasında yada işletim aşamasında yanlış uygulamalar sırasında oluşabilecek problemlerin insan sağlığını olumsuz etkileyeceği konusu dikkate alınmalıdır. Bu nedenle iç ortam koşullarının çalışanlar üzerindeki olumsuz sonucu olan hasta bina sendromu konusu önem kazanmaktadır.

Doğal havalandırma yöntemleri kullanıcıların sağlığını ve konforunu korumakla birlikte, enerji korunumunu da en üst düzeyde tutmayı hedeflemektedir [44].

Havalandırma ve diğer iç ortam komfor koşullarının sağlanamaması durumunda karşımıza SBS (hasta bina sendromu) çıkar. Bu konu yapılarda olduğu gibi çalışan verimliliğini de oldukça fazla bir şekilde etkiler.

ABD Çevresel Korunma Ajansı (EPA)'ya göre, tüm binaların yaklaşık üçte biri hasta bina sendromuna sahiptir [11]. Bina cephelerinin, enerji dengesi üzerindeki olumlu etkileri yaşama ve çalışma koşullarını iyileştirir ve "Hasta Bina Sendromu"nun azaltılmasını sağlar [58]. Hasta Bina Sendromu, tasarımcının, ya da daha spesifik olmak gerekirse, bina hizmetleri/servis mühendisinin hatasıdır [38]. Enerji etkin binalarda konfor çok önemli bir rol oynar. Konfor demek kullanıcının sağlıklı bir ortamda gereksinimlerinin optimizasyonu ile sağlanabilir. Ve bu ancak akıllı binaların doğru kavranıp uygulanmasıyla mümkün olur.

3. AKILLI BİNALAR

Akıllı bina kavramının destekleyicilerinin, bu kavramı gerçeğe dönüştürerek ne elde etmeye çalıştıklarını anlamak için "neden akıllı binalar?" sorusu yerine "akıllı bina nedir?" sorusunu sormak bize çok daha karlı bir gelişim çizgisi sunmaktadır [32].

Temelde, akıllı binalar, bilgi çağının binalarıdır.

Peki ama, bu değişim kendini akıllı binalar içinde nasıl göstermiştir ?

- 1970'lerde, bina yönetimi ve kontrol stratejileri (elektro mekanik ve analog cihazlar gibi teknolojiler)
- 1980'lerin başlarında, akıllı bina kavramı

"Akıllı bina" terimi ilk olarak seksenli yılların başlarında Amerika Birleşik Devletlerinde merkezi Washington'da bulunan eski Akıllı Bina Kurumu tarafından verilen bir tanımla kullanılmaya başlanmıştır [5,59]. Akıllı binaların ilk tanımları, neredeyse tümüyle, teknoloji yönü üzerine odaklanmış ve kullanıcı etkileşimini nerede ise hiç vurgulamamıştır [60,61]. Akıllı bina kavramı, binada yaşayanlar için verimli, düşük maliyetli ve çevre dostu bir ortam yaratmak amacıyla, yapı strüktürünü, sistemlerini, hizmetlerini ve yönetimini çok disiplinli bir çabayla entegrasyonu ve optimumizasyonu vurgulamaktadır [62,63]. Yakın zamanda, bir dizi araştırmacı, akıllı bina tanımını genişletmiş ve 'öğrenme yeteneğini' ve 'çevresine ve kullanıcılarına göre performans ayarı gerçekleştirme' yönünü de tanıma eklemişlerdir [61,64]. Akıllı bir binayı değerlendirirken yada tanımlarken, bahsetmiş olduğumuz özelliklerin, yapı tarafından gerçekleştirebilmesi, ilk olarak bina kabuğu sınırlarında gerçekleşir. Algılanan dış ortam özellikleri duyarlı ve adapte olabilen yapı kabuğunun özellikleriyle, konfor koşullarını sağlayabilecek şekilde değişim göstermesiyle, ilk akıllık işlevi yerine getirilmiş olur. Algılama, değerlendirme ve yanıt verme sürecinin en önemli çıktısı, optimum performansın sunulması ve akıllık özelliğinin gerçekleştirilesiyle kabukta meydana gelir. akıllı bir binanın en önemli parçası olması nedeniyle, akıllı kabuk ve özellikleri bu bölümün bir parçası olarak özetlenmiştir.

3.1 Akıllı Bina Kabuğu

"Akıllı" kelimesi kabuk için, binanın temel enerji harcamasını azaltabilmesi amacıyla, değişen günlük ve mevsimsel iklim şartlarına göre uyum sağlayabilme yeteneğini işaret etmektedir [58]. Bina tasarımında sık kullanılan bir terim haline gelmiş olan akıllı bina kabuğu, kullanıcıların konforu ile enerji kullanımı arasında optimum bir denge kurmak amacıyla, iç ortama dinamik ısıtma, soğutma, aydınlatma, ve taze hava sağlamak anlamında yapay zeka kullanan binalar için ortak payda halini almıştır.

Optimum pencere tasarımı, enerji tüketiminin etkisini, global çevresel etkiyi ve binada yaşayanların konforunu içerir . Yapı kabuğu özelliklerinin doğru bir biçimde seçilmesi ise, kullanılabilecek değişik yapı gereçlerinin ve bunların birleşiminden oluşan yapı kabuğu alternatiflerinin, hacim içi konfora etkisinin bilinmesine bağlıdır [65,66]

Kabuktaki adapatasyon, algısal-motor adaptasyonundan öğrenme yeteneklerine ve hızlı kavramaya kadar bir dizi süreç ile meydana gelmektedir. Zeka, deneme yanılmadan kavramaya kadar olan bir dizi fiziksel süreç tarafından harekete geçirilen, çevre ile bir nevi etkileşim ve ona uyum sağlama olarak görülebilir [67].

"Akıllı malzemeler" gibi kavramlar ile, genelde yeni teknolojiler ve de özellikle bilgi teknolojileri ile mümkün kılınan kişisel-ayarlama ve duyarlılık ile bağlantılı fikirlerin tasarım prensiplerine girişini temsil eder [61]. "İnteraktif duvar" terimi, mimari tasarım, giydirme cephe ve mekanik sistemlerin kapsamlı entegrasyonuna yönelik ilk adımı temsil etmek üzere ortaya atılmıştır. Bu sebeple, temel, birleştirilmiş giydirme cephe, bir 'sistem paketine' dönmeye başlamıştır.

Kuzey iklimlerinde, "İneraktif Duvarın" ömür-boyu maliyeti, enerji tüketimini yaklaşık 12-15% oranında azaltırken, tropik iklimlerde bu tasarruf 20% seviyelerinde ulaşabilmektedir. Bu sebeple, girişimciler, ilk yatırımlarının karşılığını, bina ömrünün yaklaşık ortalama 7 ila 15 yıl içerisinde alabilmektedirler [68]. Akıllı giydirme cepheler; yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, doğaya duyarlı, enerji verimli yüksek, kullanım sırasında ekonomik ve ısıtma-soğutma-aydınlatma gereksinimi için harcanan enerjinin minimum olduğu cephelerdir [69]. Akıllı bir bina kabuğunun, insan ihtiyaçlarını destekleyen, bir iç ortama katkıları beş adımda incelenebilir, bunlar çift-döngülü öğrenmedeki aşamalara denk gelmektedir :

· Duyusal algılama

· Zeka modeli

· Bilgi ve geri beslemenin değerlendirilmesi

· Stratejik düşünme

· Uygulama

Algılama, değerlendirme, ve harekete geçme yoluyla verilmiş olan çevresine adapte olma yeteneği ile, akıllı bir bina kabuğunun, üç hedefi yerine getirmesi beklenebilir : değişken bir ortam ile, birbiriyle çelişen değerlerin bir arada olduğu bir ortam ile (iklim ve bölge şartları ile görülen bir dış ortam unsuru; bina cephesinin kabuğu ile ilgili bir iç ortam unsuru; ve bina kullanıcılarından, onların tercihleri ve davranışlarından oluşan bir üçüncü unsur) ve insan davranışı ile başa çıkabilmesi [67,70].

Tasarruf edilmiş ve üretilmiş enerji arasındaki benzerlik, "akıllı pencerelerin" tüm faydalarından yararlanmamaktadır ve pencerenin sadece – ya da temel olarak- bir enerji tasarruf unsuru olmadığını unutmamak gerekir. Yapının akıllığınından bahsederken en büyük bileşen olarak kabuğun, özelliklerinin incelenmesi ve performansa katkısının anlaşılabilmesi için, cam çeşitlerinden kabuk tasarımındaki farklara kadar incelenmesi gerekir.

3.1.1 Akıllı Cephe Tasarımındaki Eğilimler

İç ve dış hava koşullarını gözlemleyen ve ardından uygun şekilde tepki veren otomatik olarak kontrol edilen akıllı cephe bileşenleri oluşturma amacıyla, aktif giydirme cephe alanında elde edilen yenilikler , kabuğu pasif bir bariyerden çok aktif bir filitre haline getirmektedir. Bu yüzden geleceğin cephe teknolojisi, yeni tasarım, inşaat ve işletme çözümlerinin karmaşıklığını azaltma anlamında başarılı olmak zorundadır. Maliyet, ekoloji, esneklik ve risk gibi unsurları optimize etmeye yönelik yeni gereklilikler ; – bazıları endüstrinin diğer dallarından olmak üzere- yeni gereklilikler yeni beklentiler oluşturacak ve bunlar da yeni gerekliliklere dönüşecektir, ve yeni gereklilikler tekrar yeni çözümler getirecektir [58,71,72].

Çift-kabuklu cephelerin, binada yaşayanların tüm gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlandıklarında 'akıllı' sayılabileceğini söyleyebiliriz. Bu nedenle ekonomik ve ekolojik faydaları en üst seviyeye çıkartmak için optimum bir kombinasyon bulmak önemlidir. Bu durumda her bina için yeniden optimum bir

cephe oluşturulmalıdır [58,73]. Yenilikçi pencere sistemleri, aynı tür iç ve dış cam panele sahip ancak arasında hava bulunan klasik pencereler ile karşılaştırılmıştır; elde edilen sonuçlar, ışık geçirgenliğinde %25-30 azalma gösterirken, ısı kaybının 1/2'ye ya da 1/3'e düştüğünü ortaya koymuştur [74]. Burdan hareketle pencere sistemleri ve akıllı cam özellikleri konularındaki yeniliklerin bilinmesi gerekir.

3.1.1.1 Pencere Sistemlerindeki Gelişmeler ve Etkileri

Bir binadaki cam elemanlar genel performansı, eksiksiz bir cephe sisteminin parçası olarak tasarlandıkları zaman daha da iyileştirilebilmektedir [68]. Farklı cam materyalleri ve düzenlemeleri, değişen etkinlik seviyelerinde ışığı alırlar ve güneş gelen ısıyı dışarıda bırakırlar [75]. Toplam enerji geçirgenliğinin daha esnek bir şekilde kontrol edilebilmesi için, şeffaflık derecelerini ısıdan bağımsız olarak değiştiren ya da elektrikle kontrol edilen cam sistemleri geliştirilmektedir [76]. %50 oranında bir ısıl kayıp pencere çerçevelerinden kaynaklanmaktadır. Her bir özelliğin bina parçasının optimize edilmesine rağmen, binanın planlamasının getirdiği tüm farklı talepleri, binanın tamamının bütünsel bir disiplinler-arası incelemesi ışığında gerçekleştirmek ve uygulamaya koymak kesinlikle önemlidir [77]. Bina kabuğunun enerji-optimize edilmiş olduğu elektrik tüketimi, toplam enerji tüketiminin büyük kısmını teşkil eder ve en fazla %50 azaltılabilir. Bu, gün ışığı ve ısı transferi arasındaki dengenin bir sonucudur [28,76]. Bu ise ancak doğru cam seçimiyle ilgilidir.

3.1.1.2 Akıllı Camlar ve Özellikleri

Geçtiğimiz yirmi yılda, tüm iklim koşullarında en iyi iç konfor seviyesini elde etmek amacıyla dinamik bir şekilde kendi özelliklerini değiştirebilen cam yüzeyler oluşturma fikri, aynı zamanda, "akıllı cam sistemleri" ve çift-kabuklu cepheler gibi yenilikçi cephe sistemlerinin icat edilmesine de yol açmıştır [78]. Aynı süre içinde, geçirgenlik ve biliminin sınırları özellikle yeni kaplama malzemeleri ve birleştirme teknolojilerini keşfetmeye istekli "Yüksek-Teknoloji" kullanan mimarlar tarafından, zorlanmıştır [21].

Önceden cepheler daha az ya da çok statik olurken, 1980'lerde, dinamik cephe sistemleri ortaya çıkmıştır [60]. Bu noktada, sağlık, konfor ve de kolaylık temel faktörler olarak düşünülmelidir. Sensör teknolojisi ve yönetim sistemleri ile birlikte adapte olabilen yalıtım camları, mümkün olan en yüksek esnekliği ve bireysel konforu sunmaktadır. Pencereler ve cam cepheler, büyük alanları oluşturup yapılandırdıkları

ve de dış ortam ile iç ortamı birbirine bağladıkları için ağırlıklı bir rol oynamaktadırlar [77]. Gelişmekte olan akıllı cam teknolojisi, optik özellikleri dinamik olarak değiştirebilmekte ve manuel olarak ya da otomatik kontrol sistemleri kullanılarak harekete geçirilebilmektedir. Bu sistemler, estetik gereklilikleri karşılarken, aynı zamanda iç ortam ve dış ortam arasında da, bir "çok fonksiyonlu filtre" görevi görmelidir; pasif olarak dış faktörler tarafından harekete geçirilmekten çok, değişen ortama tepki verip ona adapte olacak şekilde tasarlanmalıdırlar [1,79]. Tablo 3.1' de literatürdeki temel kavrama farklı isimler ve tanımlamalar verilmiştir.

Tablo 3.1: Yeni cephe türleri ile ilgili genel terimler [67]

İleri/gelişmiş cepheler **Yüksek performanslı cepheler** **Yenilikçi cepheler**	Konvansiyonel olanlardan daha ayırt edilmiş olanlar Konvansiyonel cephelerin düşük-performaslı olduğu varsayımıyla Konvansiyonel olanlara kıyasla klasik cepheler yenilikçi değildir.
Bu tür cephelerin dinamik karakterleri ile daha uyumlu olarak kullanılan terimler	
Zeki cepheler **Akıllı Cepheler** **Aktif cepheler** **İnteraktif cepheler** **Tepkisel cepheler**	Otomasyonlu, bilgisayar temelli kontroller anlamında Normalde "zeki " ile aynı olarak algılanıyor Sadece, karakter olarak dinamik anlamında Dış şartlara ve kullanıcı taleplerine tepki verme anlamında Normalde "interaktif " ile aynı olarak algılanıyor

"Akıllı cam sistemleri", binada yaşayanların ve binanın değişen ihtiyaçlarına cevap verebilmek için güneş enerjisi/solar ve ışık geçirgenliğini dinamik bir şekilde değiştirebilmektedirler. Akıllı cam sistemleri iki ana kategoriye ayrılmaktadırlar, 1) **pasif olarak aktive edilenler** : termokromik (ısı duyarlı) ya da fotokromik (ışığa duyarlı), ve 2) **aktif olarak kontrol edilenler :** uygulanan ufak bir voltaj ile istenilen zaman açılıp kapatılabilen eletrokromik sistemler gibi [68]. "Tepki veren" bina cephesi, binanın yapısı ve en minimum talebi oluşturacak, merkezden uzaklaştırılmış, düşük-bakım gerektiren tesis ile desteklenmelidir. Pencereleri, karşılaşacakları iklimsel şartlara göre seçmek gerekir. Sürekli değişmekte olan ortamları yumuşatmak ve kontrol etmek zordur. Şunları içerir [60]:

- Mevsimsel değişiklikler
- Günlük değişiklikler
- Farklı yönlere bakan cepheler arası farklılıklar

Daha yakın zamanda yapılan bir öneri ise, çift cam arasındaki boşluğa yerleştirilmiş olan, 2 ya da 3 boyutlu ayna unsurları, holografik unsurlar ya da prizmaları içeren çift camlı ünitelerdir. Bunlar, pencerenin eğimine ve yönüne göre tasarlanmışlardır ve

güneşin az olduğu kış mevsiminde güneş ışınımlarını doğrudan içeri yansıtırken, yazın dış ortama yansıtmaktadırlar [58].

Verimli güneş ışığı kontrolü, görsel geçirgenliği azaltmaktadır ve bu şekilde pencerenin temel görevini tehlikeye sokmaktadır. Burada sorulması gereken önemli soru, pencerenin ne zaman karanlık ve ne zaman geçirgen olması gerektiğidir. O zaman, akıllı pencerelerde ima edilen enerji tasarrufu, aynı yöndeki güneş ışığı/solar hücre modülleri ile üretilen elektrik enerjisi ile aynı olmaktadır [78].

Enerji maliyetlerinin arttığı dönemlerde ve çevresel konulara olan duyarlılığın değiştiği zamanlarda, binalar ve onların strüktürel elemanları için ilave ve kısmen yeni gereklilikler formüle edilmektedir. Camdan yapılmış boşluklu cepheler, sadece bir mimari tarzı olarak değil aynı zamanda finansal ve ekolojik unsurları olumlu etkilemesi açısından da değerlendirilmelidir [80].

Bu camların, kabuğun akıllılığı ve istenen performansı sağlayabilmesi için iklime, kullanım amacına, coğrafi özelliklere ve yapı tasarım özelliklerine bağlı olarak seçilmelidir. Bu cam çeşitlerini kısaca şu şekilde özetleyebiliriz:

- **Elektrokromik Cam Paneller:** Lampert-1987'den uyarlanan gibi, ince bir tabaka üzerine ufak bir voltaj uygulandığında, belirli bileşimler tersinir olan renk değişimlerine uğramaktadırlar [81].
- **Termokromik cam paneller:** Saydamlık/şeffaflık derecesi, aynı zamanda, güneş ışınımının gücü ile de belirlenmektedir, ve böylece serin bir odada yüksek güneş ışığı seviyesine maruz kalan bir pencere aydınlık kalır, ancak, sıcak bir odadaki pencerede gölgeleme sağlanır [38].
- **Renkli Camlar:** Cam fırınlarında, eritilmiş camın içerisine eklenen renk-üreten maddeler kullanılarak, camlar renklendirilmektedir. Renk bir yüzey kaplaması değildir, camın kalınlığı boyunca mevcuttur. Camın kalınlığı arttıkça, renkler de değişmektedir. Bu durum, güneş/solar-ısı-kazanım katsayısını, ışık geçirgenliğini ve diğer özellikleri değiştirmektedir [82].
- **Holografik olarak kaplanmış pencereler:** Holografik kaplamalar, güneş ışığı spektrumundaki herhangi bir dalga boyunu yansıtacak şekilde ayaralanabilirken, görülebilir dalga boyunda %75-80 geçirgenlik sağlamaktadırlar [66].

- **Süper-pencereler:** Süperpencereler, bir ya da daha fazla düşük-emisiviteli kaplamalar, gaz doldurulmuş boşluk ve yalıtım çerçeveleri ve mekanlarından oluşan, birden fazla cam panele ya da plastik filmlere sahip pencere sistemleridir [66].
- **Vakumlu pencereler:** Bu pencereler, bir vakum ve beraberinde iç yüzeylerden bir tanesinde düşük-emisiviteli kaplama içermektedir ve bu metod, boşluk içindeki gaz konveksiyonunu/iletimini ve ışınımla ısı transferinin büyük kısmını ortadan kaldırır [66].
- **Düşük-Emisiviteli camlar:** Düşük- emisiviteli cam kaplamaların amacı, bir yalıtıcı cam ünitenin iç ve dış panelleri arasında ışınım değişimini azaltmaktır. Low-E camlar yaz sıcağını dışarıda tutan ve kışın da ısıyı içeride muhafaza eden bir ısı bariyeri meydana getirmektedir [82].

Bütün bu saydığımız özelliklere bağlı olarak, bu sistemlerin çift kabuk cephelerde nasıl uygulanması gerektiğini, seçimlerin hangi kabuk türünde daha iyi sonuç vereceğini bilmek için çift-kabuk türlerinin incelenmesi ve özelliklerinin iyi tanımlanması gerekir.

3.1.2 Çift-Kabuk Cepheler

İlk çift-cam örnekleri 1930'larda piyasaya sürülmüştür. Günümüzün çok kullanılan, iki cam arasına yerleştirilmiş metal ayırıcı çerçeve içeren çift cam ünitesi, 1950'lerde ortaya çıkmıştır. Hava tahliyeli cepheler ise 1970'lerde kullanılmaya başlanmıştır [58]. İçindeki boşluğu doğal şekilde havalandırılan bir çift-kabuklu cephenin ilk örneği, 1993'te Foster and Partners tarafından inşa edilmiş olan, ve Almanya'nın Duisburg şehrinde bulunan *Business Promotion Centre'ın* cephesidir [83]. Çift-kabuklu cepheler, sürekli bir süreç olarak görülebilecek bir evrimde sadece bir adımdır ve temel koşulları, sürekli olarak, yeni ürünlerin gelişimine bağlı şekilde değişmektedir [84].

Çift-kabuk cephe performansını artırmak ve daha az enerji kullanımı ve iyi bir iç ortam sağlamak amacıyla üzerinde çalışılması gerekli olan tasarım parametreleri şunlardır [85]:

- Cephenin tasarımı ve türü
- Cephenin strüktürel tasarımı

- Kabuktaki boşluğun geometrisi
- Boşluğun içindeki havanın kullanılması – boşluktaki havalandırma türü
- Cephe boşluğunun ve iç - dış cephenin açılma prensipleri
- Pencere, gölgeleme ve aydınlatma cihazlarının türü
- Paneller ve gölgeleme elemanları için malzeme seçimi
- Gölgeleme elemanlarının konumlanması

Çift kabuk sistemleri; havalandırma türüne, cephe bölümlendiriliş şekillerine ve boşluğun havalandırma yöntemlerine göre sınıflandırabiliriz

a) Havalandırma türüne göre:

- Doğal havalandırma
- Mekanik havalandırma
- Hibrid havalandırma

b) Cephenin bölümlendirilme şekline göre olan ikinci sınıflandırma kriteri **Tablo 3.2'de** gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Boşluğun bölümlendirilmesi [86]

<table>
<tr><td rowspan="4">Havalandırılan çift kabuk</td><td rowspan="2">Kat hizalarında bölünmüş</td><td>Kutu pencere cepheler-Bitişik modüllerin ayrılmasıyla
(hem yatayda hem düşeyde bölünmüş cepheler)</td></tr>
<tr><td>Koridor tipi (yatayda bölünmüş)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Şaft-kutu tipi (düşeyde bölünmüş cepheler)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Çok –katlı tip</td></tr>
<tr><td colspan="2">Çok- katlı gölgelikli tip</td></tr>
</table>

c) Boşluğun havalandırma yöntemlerine gore [69]:

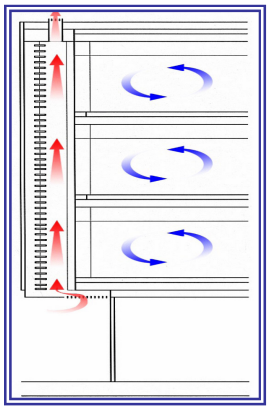
- Kat yüksekliğinde havalandırma kanallı çift tabakalı sistemler,
- Bina yüksekliğinde havalandırma kanallı çift tabakalı sistemler,
- Şaft giydirme cephe sistemleri olmak üzere üç guruba ayrımak mümkündür

3.1.2.1 Bina Yüksekliğinde Havalandırma Kanallı Çift Tabakalı Sistemler

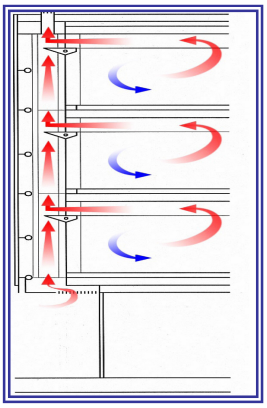
Dört temel Çift-kabuk türü vardır : Tamponlu Cephe, Hava Çıkartım Cephesi, Çift yüzlü Cephe ve Hibrid Cephe.

Tampon Cephe: Tampon Cephe, birbirinden yaklaşık olarak 250 ila 750 mm ayrı şekilde yerleştirilmiş olan iki pencere tabakasından oluşur, ve iki tabaka arasındaki hava boşluğunun sızdırmazlığı sağlanmıştır. Tampon cephe, yalıtımlı cam bulunmadan önce, binaya giren gün ışığı miktarını azaltmadan, ses ve ısı yalıtımını arttırmak amacıyla geliştirilmiştir [87]. Yaz-kış dış ortam koşullarına bağlı olarak çift kabuk arasındaki hava tamamen kilitlenebilir veya alt kottan emilen taze hava üst kottan HVAC sisteme iletilip iç ortam havası ile karıştırılıp besleme yapılabilir (şekil 3.1).

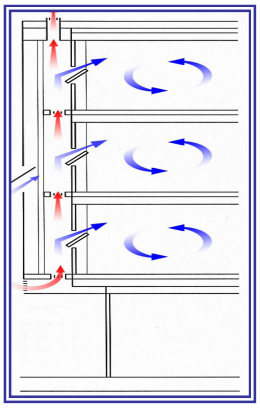
Hava Tahliye Cepheler: Hava Tahliye Cephesi, çift camlı bir kabukta ikinci tek camlı tabakaya yalıtımlı cam yerleştirilmesiyle oluşur. İki katman arasındaki hava boşluğu, HVAC sisteminin bir parçası olur. Pencere katmanları arasındaki ısıtılmış "kullanılmış" hava, fanlar aracılığı ile boşluktan alınır (şekil 3.2).



Şekil 3.1: Tampon cephe çalışma prensibi



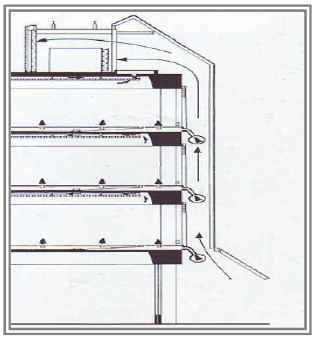
Şekil 3.2: Havalandırma tahliyeli cephe sistemi



Şekil 3.3: Açılabilir çift kabuk cephe sistemi

Açılabilir Çift Kabuk Cepheler: Tek camlı dış kabuk, temel olarak hava boşluğu içeriklerinin hava koşullarından korunması için kullanılmaktadır. İç cephe üzerindeki pencereler açılabilirken, dış kabuk üzerindeki havalandırma gözenekleri cephe içindeki aşırı ısıyı hafifletir (şekil 3.3). Kabukta yer alan boşluk , cepheyi korumak için gereken aralığa ve kabuk içinde yer alan gölgeleme sisteminin tipine göre 15cm-75 cm arasında değişir.

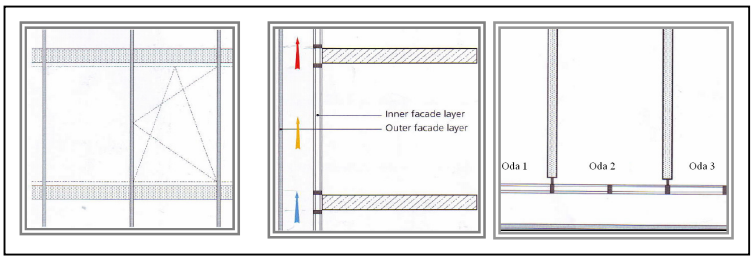
Hibrit Cephe: Hibrid cephe, yeni bir sistem oluşturmak amacıyla, yukarıda belirtilmiş olan türlerin bir ya da daha fazla özelliğini bir araya getiren bir sistemdir. İçerisinde geniş hava boşluğu bulunan çift-kabuklu cephe : yukarı doğru hava akışı ısıyı emer ve bu onu çatının üst noktasına kadar çıkartır; dış kabuk, bronz renkli serteştirilmiş tek camdan oluşmuştur (şekil 3.4) [58]



Şekil 3.4: Hibrit cephe çalışma sistemi [58]

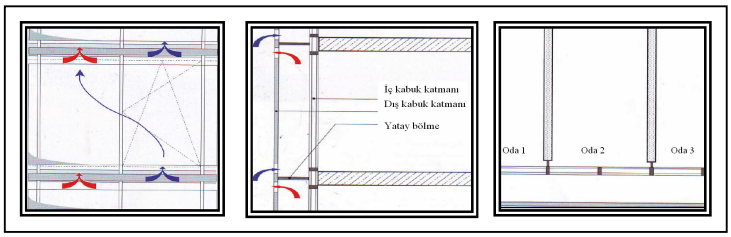
Havalandırma Fonksiyonuna Göre Cephe Bölünmelerinin Sınıflandırılması ise:

Çok Katlı Cepheler: Çok katlı cephelerde, iç ve dış katmanlardaki ara mekan, bir dizi oda ile dikey ve yatay olarak birleştirilmiştir. Çok katlı bir cephenin kısmi kesiti, pencere kanadı açılma düzeni, o cephe için seçilmiş olan havalandırma ve temizleme konseptine dayanmaktadır. Ara mekan, tüm yönlerden havalandırılabilmektedir . Ara mekan bölünmemiştir ve serbestçe havalandırılabilir (Şekil 3.5).



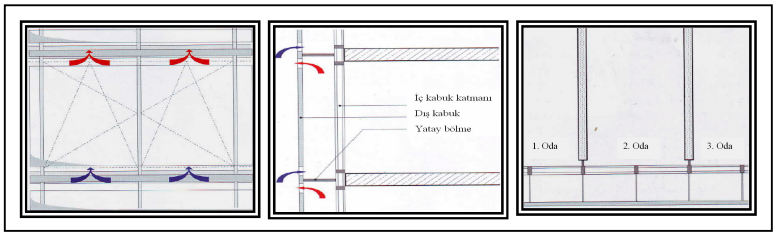
Şekil 3.5: Çok katlı cephe; görünüş, kesit ve plan

Koridor Cepheler: Bu cephelerde iki kabuki arasında yer alan boşluk her kat seviyesinde bölünmekte ve kapatılmaktadır. Dış kabukta yer alan hava giriş menfezleri döşemeye, hava çıkış menfezleri ise tavana yakın konumlandırılmalıdır. Bu tip cephelerde bitişik odalar arasındaki ses geçişlerine dikkat edilmelidir (Şekil 3.6).



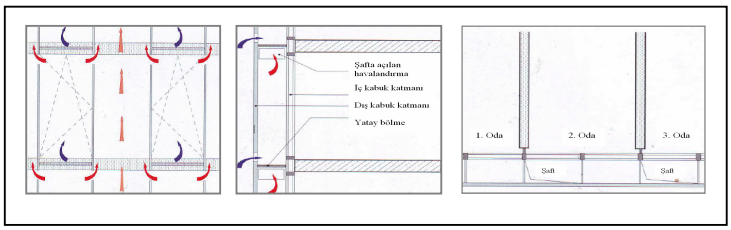
Şekil 3.6: Koridor cephe; görünüş, kesit ve plan

Kutu Pencere Cepheler: Paneller arasındaki mekan daha ufak olduğundan ve çerçevenin kendisi daha az yalıtım sunduğu için ısıl yalıtım, kutu pencereler kadar iyi olmamaktadır. Kutu pencereler, içe doğru açılan pencere kanatlarına sahip bir çerçeveden oluşur. Dikey olarak, bölünmeler ya katlar ya da bireysel pencere elemanları arasında meydana gelmektedir (şekil 3.7) [81].



Şekil 3.7: Kutu pencere cephe; görünüş, kesit ve plan

Şaft-kutulu cepheler: Şaft cephe, bina yüksekliğinde boşluğa sahip çift-kabuklu bir cephe ile yatay olarak bölünmüş boşluğa sahip bir çift-kabuklu cephenin birleşiminden oluşur. Temiz dış hava, yer seviyesindeki hava boşaltma yarığından geçer ve havlandırma şaftlarına girer ve çatının seviyesindeki açıklıktan dışarı çıkar. Her katta, dikey şaftlar, bir kestirme açıklık aracılığı ile, bitişiğindeki kutu pencereler ile bağlantılandırılmışlardır (şekil 3.8) [81].



Şekil 3.8: Şaft kutu cephe; görünüş, kesit ve plan

Bu noktada, daha önce belirtilmiş olan sınıflandırmalar arasında da yeni ayrımlara gitmek mümkündür [88]:

• İç ve dış katmanlarda kullanılan camın türü;

• Saydam ve saydam olmayan yüzeylerin yüzdeleri;

• İç ve dış katmanlar arasındaki boşluğun derinliği;

• Güneş koruma sistemlerinin türü ve pozisyonu;

• Hava alım ve boşaltım elementlerinin türü ve pozisyonu;

• mekan ve iç odalar arasında bir hava değişim sistemi;

• Mekanik sistemler ve klima sistemlerinin kullanımı ve entegrasyon seviyesi gibi

Güneşten korunma sistemleri, "Çift-kabuklu" cephelerin davranışını ciddi oranda etkilemektedir. Kullanıcılar için konforlu bir iç mekan sağlanması ve kabuğun değişen koşullara adaptasyonunu kolaylaştırması gibi özellikleriyle bu tür sistemler oldukça önem kazanmaktadır. Bu nedenle bu sistemlerin özellikleri ve kabuğa olan etkileri incelenmiştir.

3.1.2.2 Gölgeleme Elemanlarının Çeşitleri ve Özellikleri

Çift-kabuklu cephelerin uygulanması ile, doğal havalandırma binalar için mümkün olabilmekte iken, normalde, gürültü ya da yüksek katlarda rüzgar sebebi ile pencereler açılamamaktadır [89]. Dış gölgeleme elemanları, iç gölgeleme elemanlarına kıyasla daha etkili olmaktadır. Sık olarak kullanılan bir alternatif de, cephenin içerisinde havalandırılan boşluğa yerleştirilen gölgeleme elemanlarıdır. 1970'lerde, iklim-penceresi kavramı geliştirilmiştir; bu kavramda, mekan, iç hava ile havalandırılmaktadır [83]. Kullanılan özel tasarım çözümüne bağlı olarak güneşlik türleri o kadar çeşitlidir ki, sabit ve hareketli gölgeliklerin dışında, olası türleri sınıflandırmak çok zordur [72].

1. Ses azaltma endeksi, 28 dB'den (tek kabuk için), 47 dB'ye kadar çıkartılabilmektedir.
2. İkinci bir cephe yerleştirerek, rüzgar basıncındaki dalgalanmaların/değişimindeki etkisinin azaltılması.

3.Sera etkisiyle; iletim ve havalandırmadan kaynaklanan ısı kayıpları, %30'a ulaşan oranlarda azaltılabilmekte ve kış aylarındaki gerekli ısıtma kapasitesi ciddi oranda düşürülebilmektedir.

4.Güneşlik sistemleri ile; soğutma yüklerini düşürmek

Prizmatik gölgelendirme sistemleri, hem tepe aydınlatmaları hem de pencereler için geliştirilmiştir. Bu sistemler, doğrudan güneş ışınımını istenilen açıda (yaklaşık 20 ila 60 derece), yönlendirerek ve tekrar odaya yansıtarak ve zirve ışığını iç ortama yönlendirecek şekilde çalışırlar [55]. Özellikleri ise:

- Azaltılmış ışık geçirgenliğine sahip pencere kombinasyonları aracılığı ile gölgeleme ve parlamadan korunma
- Dış gölgelikler ile, dışarıdan hareketli gölgeleme
- Dikey panjurlu, özel kumaşa ya da perdeye sahip iç tarafta duran ve hareketli gölgelikler

3.1.3 Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları

Bir binanın cephesi, toplam bina bütçesinin %15 ila %40'ını teşkil edebilir ve bina hizmetlerinin maliyeti üzerindeki etkisi sebebi ile, %40'a varan oranlarda maliyete ciddi bir yük getirebilir [61]. Yanlış kararlar gelecekte telafisi zor pahalı ve hatta imkansız tahribatlara sebep olabilir . Ülkemizde bu konudaki en önemli sorunlar ise; kullanıcının satın aldığı ürün konusunda yeterli bilgiye sahip olmaması, sistemin özelliklerini, ürünün ısı, ses ve su yalıtımı özelliklerini ve standartlara uygunluğu konusunda bilgi sahibi olmaması, bina maliyet analizlerinin, projenin gelişme döneminde yapılmaması şeklindedir [90]. Son yıllarda değişime uyumlu sistemlerin teknolojisinde gözle görülür bir gelişme kaydeilmesine rağmen bunların uygulama alanındaki kullanımları –özellikle ülkemizde- yaygın olarak görülememektedir. Bunun sebepleri arasında ekonomik sınırlamalar ve yeniliğin az denenmişliği karşısında duyulan güvensizliktir [91]. Bu nedenle bu tür kabukların avantaj ve dezavantajlarının bilinmesi ve seçimlerin gereksinimlere en iyi cevap verecek şekilde yapılması gerekir.

"Çift-kabuklu Cephe" sisteminin, farklı konumlar ve binalar için sıralanmış avantaj ve dezavantajları **Tablo 3.3**'de özetlenmiştir [85]:

Tablo 3.3: Çift kabuk cephelerin avantaj ve dezavantajları

Avantajlar:	**Dezavantajları**
1. Akustik yalıtım 2. Isı yalıtımı 3. Gece serinletmesi 4. Enerji tasarrufu ve azaltılmış çevresel etkiler 5. Gölgeleme ve aydınlatma elemanlarının daha iyi korunması 6. Rüzgar basıncının azaltılmasının etkileri 7. Şeffaflık-mimari tasarım 8. Doğal havalandırma	1. Konvansiyonel bir dış cepheye kıyasla daha yüksek inşaat maliyeti. 2. Yangından korunma 3. Kiralanabilir alanın azaltması 4. İlave bakım ve işletim maliyetleri 5. Aşırı ısınma problemleri 6. Artan hava akış hızı 7. Artan inşaat ağırlığı 8. Gün ışığı azalması 9. Akustik yalıtım problemleri

Kabuk gelişimi farklı alanlarda yapılan malzeme ve teknoloji gelişimine parallel bir şekilde ilerlemeye devam etmektedir. Farklı disiplinlerdeki gelişmelerin mimariye entegrasyonu sayesinde duyarlı ve değişken koşullara daha kolay uyum sağlayabilen yapı bileşenlerine sahip olabilmemiz mümkün olmuştur. Bu anlamda ekolojik ve akıllı malzemeler akıllı binaların sahip olduğu en önemli girdileri oluşturmaktadır.

3.1.4 Ekolojik Akıllı Malzemeler

Malzemeler değişken fiziksel-kimyasal özellikleri, bünyelerindeki mikro ölçekli moleküller, yerleştirilen çipler sayesinde, iklim ve yapıya ait verileri izlemekte, değiflimleri bildirmekte, amaca uygun önlemi alabilmekte.yeni malzemelr için esin, çoğunlukla doğada (biyoesin) bulunan canlı ve cansız yapılardan gelmektedir [48, 92]. Malzemeler, ekolojik açıdan işlevsel performansları yanı sıra:

- Ömrürleri boyunca, çevreye ve doğal kaynaklara minimum zarar vermeli, doğada ayrıştırılabilmeli
- Artık pek çok malzemenin mekanizması bilinmekte ve hatta bu mekanizmalar denetlenerek istenen özelliklerin programlanabildiği tasarlanmış malzemeler yaratılmaktadır.

■ **Nano teknoloji:** Artan klima kullanımı, yüksek hayat standartları ve konfora yönelik giderek artan talebimizin bir kanıtıdır. Şu an klima sistemlerine ihtiyacımız olmasının sebebi, pencerelerin binanın içerisine fazla miktarda güneş enerjisi geçişine izin vermesidir. Bu sebeple, bir problemi tanımlamış ya da bir

zorluğu yaratmış oluyoruz. Akıllı pencereler ve akıllı cam cephelere yönelik yeni teknolojiler ile, değişen geçirgenliğe sahip pencerelere sahip olmak mümkün olmalıdır, bu şekilde, pencereler içeride sadece biri bulunduğu zaman ışık girşine izin verecektir. Akıllı pencereler yerdeğiştirildiği zaman ,en az, günümüzün en verimli güneş hücrelerini kullanan panellerin ürettiği kadar bir enerji tasarrufu sağlayabileceklerdir [93]. Nano teknoloji sayesinde, pencere ve cephe endüstirisi için ilginç ve yeni bilimi, mikron kalınlığındaki cam kaplamalardan bile 1000 kat daha küçük boyutlarda çalışabilmektedir. Bu, moleküllerin ve hatta atomların montajlanabildiği ya da ışığı kontrol edebilmek için gerekli olan mikro-yapıları sağlamak için kendi kendilerini montajlayabilecekleri bir dünyadır [68].

- **PV Sistemler:** Bir binanın cephe yüzeyine bir yılda gelen güneş enerjisi, yüksek enlemlerde bile, binayı işletmek için gerekli olan enerji ile aynı sıradadır. Bu enerjinin daha iyi kullanılması ile, enerji anlamında kendi kendine yeten binalar yaratılabilmektedir [67]. Fotovoltaik hücreler, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir. Bunların ürettiği elektrik DC (doğrudan akım)'dır ve [1,20]:
  - Doğrudan DC gücü olarak kullanılabilir,veya
  - AC'ye (Değişen akım) çevrilebilir, veya,
  - Daha sonra kullanılmak üzere depolanabilir

Ancak, akım-yaratan fotovoltaik modüllerde, emilen irradyansın sadece %10 ile 15'i gibi ufak bir bölümü elektriğe çevrilmektedir ve temelde ısı üretilmektedir. Bu ısı, binaları ısıtmak ya da aktif şekilde soğutmak için kullanılabilir, ancak, modülün ısısının artması sebebi ile PV jeneratörünün elektrik gücünü azaltır [76].

- Konumlandığı yer ve Yönünün PV Gölgeleme Sisteminin Tasarımı üzerindeki etkileri

Güneş gölgeleme cihazlarının seçimi, temel olarak, gerçek bina yerleşim yerinin iklimsel koşullarına dayanmalıdır. Bina en güçlü ve en uzun, ve de en zayıf ve en kısa güneş ışınımına doğru çevrilmiş olabilir. belirlenmiş bir konumda, planlanmış bir bina için beklenen güneş ışığı miktarı, aynı zamanda, enlem derecesine, güneşin yörüngesine ve de özellikle, PV'yi gölgeleme cihazı ile birlikte kullanma anlamında, yerel hava şartlarına bağlıdır. Aşırı ısının performansa olan olumsuz etkisini azaltmak

için panel eğiminin uygun seçilmesi gerekir [94,95]. Yukarıda sözü edilen yeniliklerin kullanılmasının bugünkü kombine sistemlere göre %70 daha verimli olacağı belirtilmektedir [29].

- **Şeffaf Isı Yalıtım Malzemeleri:** Bu malzemeler, güneş ışınımını geçirme yetenekleri sayesinde, arkasındaki duvarın ısıyı depolaması na olanak tanımakta, ısı köprülerini engelleyerek, enerji korunumu ve yapı sağlığı açısından bina performansını önemli oranda yükseltmektedir [48]. Binalardaki geleneksel ısı yalıtımına kıyasla, şeffaf şekilde yalıtılmış dış duvarlar gelen güneş ışınımını daha fazla miktarda kullanabilmektedirler [74,76]. Şeffaf yalıtım materyalleri uygulaması dört geometrik yapı türüne ayrılabilir (şekil 3.9) :

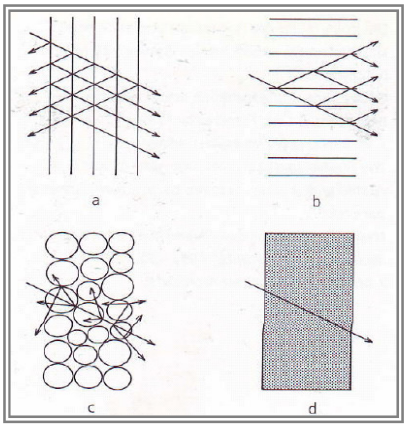
a) dış yüzeye paralel yapılar

b) dış cepheye dik olarak yapılanlar

c) kabuktaki boşluk içine yapılanlar

d) homojenimsi yapılar [58].

En sık kullanılanlar, duvarın önüne yerleştirilen argon kripton ve aerojel dolgulu camlar, lamine plastik filmler, havası boşaltılmış camlar 3-8 mm çaplı camplastik borucuklardan oluşan petek dokulu kapiller tüpler, %2-10 silikat içeren, hava boşluklu aerojel yalıtımlar.Tüm uygulamalarda, malzeme dış etkilerden bir cam katmanı ile ayrılarak korunmakta, camla yalıtım arasındaki boşluk kış mevsiminde güneşten ısı kazancı sağlayan bir sera olarak çalışmakta [48,74].



Şekil 3.9: Şeffaf yalıtım uygulamaları [74]

Şeffaf yalıtım malzemeleri (TIM) güneş enerjisinin olduğu gibi nakledilmesini sağlayan ancak yüzey aracılığı ile olan ısı kaybını en aza indiren malzemelerdir [66].

- **Fiber Optik**: Fiberoptik kullanımı tabi ki, aydınlatma ile sınırlı değildir, ve genişlemekte olan iletişim sistemleri piyasasında bir devrim yaratmaktadır ve de akıllı binalarda da giderek artan biçimde kullanılacaklardır. Fiber optik sistemler, aynı zamanda, düşük enerji harcayan, aydınlatma sağlarlar. Tüm entegrasyon, iç ve dış şartları algılayan ve sonuçta vantilatör operasyonlarını, güneşlikleri, ısı değiştiricleri ışık seviyelerini vs, otomatik olarak ayarlayan akıllı elektronik sistemler ile gözlemlenmektedir ve kontrol edilmektedir [96].

3.1.5 Akıllı Binalarda Kabuğun Performansa Etkisi

Bu alandaki araştırmalar, belirli zeka özellikleri kullanarak, eneji tüketimini azaltmayı hedeflemektedir [97]. Akıllı kabuk terimi, burada; çevresel değişikliklere öngörülebilen bir şekilde tepki vermek üzere, tek tek ya da topluca ayarlanabilen fonksiyonlar yerine getiren, ve yapıyı dış hava koşullarından koruyan alan olarak, yapı elemanlarının bir kompozisyonu şeklinde tanımlanmıştır [98].

Genel enerji performansı metodolojisinin amacı, gerçek kullanım bağlamında, ürün ya da geliştirme olarak, bina cephe bileşeninin enerji performansının değerlendirilmesidir. Ancak enerji tüketimi, aşağıdakiler gibi bir dizi faktöre bağlıdır:

- Bina ve HVAC-sistemleri
- Kullanıcı modelleri, yönetmelikler
- İklim, enerji üzerine ulusal/yerel veriler, yapı yönetmelikleri
- Bina element nitelendirilmesinde, objektif ve gerçekçi karşılaştırmalar yapabilmek için temelde iki alternatif mevcuttur [99]:
    - Yukarıda belirtilen faktörlerin iyi-tanımlanmış olduğu tipik referans vakaları tanımlamak
    - Spesifik bir bina projesi için belirtilmiş olan koşulları kullanmak.

Yukarda bahsedilen bütün özellikler için, herbir akıllı bir kabuk bileşenine ne kadar detaylı örnek verilebileceksede, burda anlatılan konunun akıllı bir bina bileşeni olarak kabuğun, performansa ve zekaya olan etkisi özet bir biçimde sunulduğu için çok

detaylı örneklendirme yapılmamıştır. Ancak akıllı bina için birkaç örnek özellikleriyle birlikte kısaca anlatılmıştır. Bunlar:

-Jean Nouvel 'in Paris 'teki Arap Kültür Enstitüsü binası (1981-87)

Güneyde, cepheler için 27,000 adet kapak mekanizmasından oluşan ayarlanabilir bir güneş enerjisi kontrol cihazı geliştirilmiştir. Bu kapaklar, bilgisayar denetimindeki elektropnömatik mekanizma ile açılıp kapanarak güneş ışığı girişini 0.10 ile 0.30 oranları arasında kontrol etmektedir. Kapaklar, dıştaki yalıtımlı cam ile içteki tek camlı panel arasına yerleştirilmektedir. Geliştirilen sistemde şeffaf lameller gün-ışığı düzeyi ile bağlantılı olarak güneş ışınlarını takip edebilmektedir. Bu sayede yazın ısıyı yansıtma ile ışık geçirgenlik düzeyleri arasında optimum bir değer elde edilebilmektedir. Bulutlu havalarda ise lameller ışığı mekan derinliğine yönelterek daha iyi bir doğal aydınlatma ve enerji tasarrufu sağlamaktadır [58,100].

-Hong Kong Shanghai Bankası - Hong Kong

Işık toplama sistemi, dıştaki hareketli bir yansıtma sistemi ve bina içerisinde bulunan sabit bir iç aynadan oluşmaktadır. İki sıra halindeki 24 aynadan oluşan dış güneş ışığı toplayıcısı (güneş kepçesi), aktif foto-duyarlı hücreler vasıtası ile güneşin eğimine göre pozisyon almaktadır. Yansıtılacak olan güneş ışını, onuncu kattaki merkezi atriyumun tepesine yerleştirilmiş olan bir parabolik reflektöre odaklanır [72].

3.2. Akıllı Bina Tanımı ve Dönemlere ayrılması

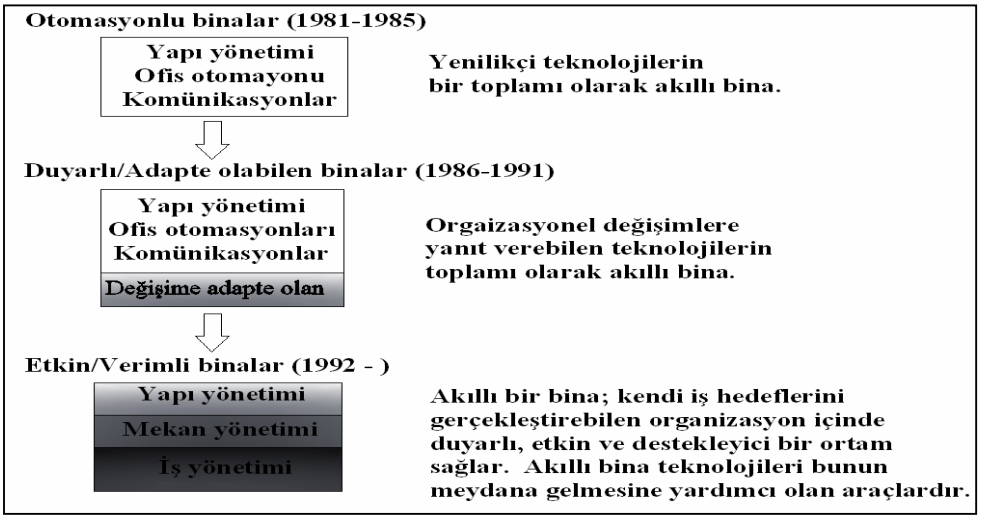
Amerika Birleşik Devletleri akıllı bina kurumu, akıllı binayı, 'yapıları, sistemleri, hizmetleri ve yönetimi ve de bunların arasındaki ilişkiler dahil olmak üzere, kavramın dört ana unsurunun optimizasyonu aracılığı ile üretken ve düşük maliyetli bir ortam sunan bina' olarak tanımlamışlardır [61,101]. Bu tür tanımlamalar, değişmez bir şekilde daha kapsamlı bir anlama ulaşmaktadır - yani genel performans, sadece binanın performansı değil, aynı zamanda tüm inşaat sürecinin performansına da içermektedir [102].

Gerçek anlamda 'akıllı bir bina', konforlu iç ortam koşullarını ve enerjinin daha verimli kullanımını sağlamak için; öğrenme, uyum sağlama ve çevresine içgüdüsel olarak tepki verebilmesini sağlayan bazı insani özellikler ile bezenmiş olmalıdır [61].

Akıllı bir bina, şu belirtilen unsurları en üst düzeye çıkartmak amacıyla, kaynakları koordineli bir şekilde ve etkin olarak yönetmeye yönelik olarak çeşitli sistemleri

entegre eden bir binadır: teknik performans; yatırım ve işletme giderlerinde tasarruf; ve esneklik [5,101]. Artık, tek başına teknolojilerin bir binayı akıllı kılmadığı herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir. Akıllı bir bina, aynı zamanda, bireye, organizasyonel ve çevresel gereksinimlere de cevap verebilmeli ve değişimlere ayak uydurabilmelidir. Akıllı bina, öğrenebilme ve kullanıcı ile çevresine göre performansını değiştirebilme yeteneğine sahip olabilmelidir [64].

İlk nesil akıllı binalar, (tipik olarak mühendislik hizmetlerinin dağılımını kontrol etmek ve uyum sağlayabilen ve tepki verebilen iç ortamlar yaratmak amacıyla, ve kullanıcı ihtiyaçlarının en iyi nasıl karşılanacağı konularında çok az bilgiye sahip olunarak) 1980'lerin başlarında ortaya çıkmışlardır (şekil 3.10). İkinci nesil akıllı binalar (bilgi ve control sistemlerinin kurulumu ile daha çok kullanıcıya yönelik bir yaklaşım sağlayabilmek için uyumsağlama/adapte olabilme ve mekan yönetimi konularının önemi vurgulanmaktaydı). Artan bilgi teknolojileri kullanımı, mekan kullanım modellerini de değiştirmiştir. Buna ilave olarak, karmaşık bina hizmetleri sistemlerinin kullanımı, aynı zamanda binaların işletim maaliyetlerini de yükseltmiştir [103].



Şekil 3.10 Akıllı bina gelişimi [101]

Akıllı binalar (IB), tahmin edildiği kadar çabuk ve geniş kitlelerce benimsenmemiştir. Bunun temel sebepleri arasında, bir projenin tasarım aşamasında bulunan tüm uzmanlara sağlanan bilgi ve veri eksikliğidir [64]. Bina tasarımlarındaki başarızlıkların büyük çoğunluğu ise, tasarım aşamasında bir sistem yaklaşımının mevcut olmamasından kaynaklanmaktadır. Entegre bir sistem yaklaşımı esastır [5].

Entegre bir sistem anlayışı ancak disiplinler arası bir yaklaşımın sonucunda elde edilebilir. Geleneksel anlayış içinde bir birinden kopuk olarak ilerleyen yapım, tasarım ve işletim aşaması yapının enerji etkin ve maliyet etkin çözümlere kavuşmasını engellemektedir. Eğer tasarımı bir optimizasyon olarak algılıyorsak ki bu akıllı ve enerji etkin bina anlayışınında temel hedefidir, tasarım süreci boyunca birbiriyle çelişen hedeflerin ortak ve disipliner çalışmayla en iyi çözümü hedefleyen bir anlayış içinde olmasını sağlamalıyız.

Yapıyı oluşturan tüm sistemlerin bütünleşik çalışır. Yapı kullanıcılarının konfor koşullarının sağlanabilmesi için yapı içindeki hiçbir sistemin sadece kendi içinde optimizasyona sahip olması yeterli değildir. Yapı bir sistemler bütünü olarak algılanmalı ve alt sistemin mutlaka birbiriyle etkileşim içinde olması sağlanmalıdır. Burdan hareketle mimar-mühendis işbirliği, enerji korunumu ve pasif tasarım anlayışını gerçekleştirebilecek ortak kararlar alarak sürekli iletişim içinde olmalıdırlar. Tüm akıllı bina tanımları, entegrasyon tepkiselliğini (seviyesi duyarlılığı), esnekliği, süreci ve iş yönetimini, mekan ve insanları vurgulamaktadır. Ancak herşeyden önce ‘zeka (akıllılık) ile ne demek istiyoruz?’ [5].

3.2.1 Akıllı Binalarda Yapay Zeka Kavramı

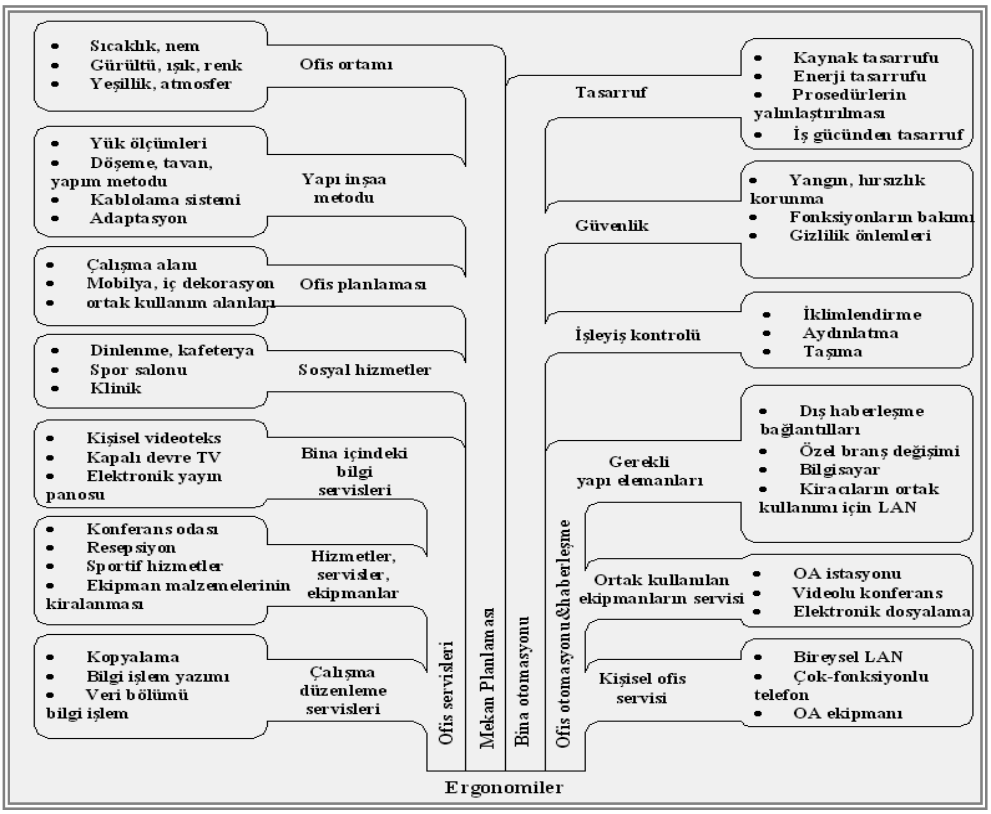
Yapay zeka yaklaşımı dijital bilgisayarla ortaya çıkmıştır. İlk yapay zeka akımında (hareketinde) en önemli rol ingiliz matematikçi Alan Turing’ indir. Beyinin başka bir çeşit bilgisayar gibi tanımlanması bilinen bir dogmadır. Yapay olarak akıllı bir sisteminin nasıl tasarlandığı önemli değildir, sadece insana ait davranışlara sahip olarak üretilmesi gereklidir, bu nöronların, mantık kanalları gibi davranması fikriyle olur. Mantık kanallarında “VE, VEYA ve DEĞİL” gibi basit mantıksal işlemler uygular [104].

Zekanın tanımı hala bir tartışma konusudur ve bununla beraber zekanın ne olduğunu, kaynağının ne olduğunu, ya da temel süreçlerinin ne olduğunu açıklamaya çalışan her türülü teori de tartışma konusu olmaktadır [105]. Zekayı iki ana gruba ayırarak inceleyebiliriz [32].

- Pasif zeka
- Aktif zeka (binalarının yönetim ve kontrölünü iyileştirmek için bina hizmetleri

Bina, organizasyonel ağ içerisinde bir bağlantı noktası haline gelir. Dağıtılmış-bina-zeka-ağı kavramı, tek bir organizasyona ait olan bir dizi binayı, hem iletişim sistemleri hem de bina otomasyon sistemleri anlamında birbirine bağlamaya kadar uzanır ve bu şekilde, hem verimliliği hem de etkinlik kazanımlarını maksimize eden bir bina yaratır [106].

Akıllı binaların en temel özelliklerinden biri de, tasarım ve inşaasının, karmaşık yeni teknolojilerin bina yapısına entegrasyonunu gerektirmesidir [103]. Akıllı binaların mühendisliği, endüstri ya da uygulama-spesifik bilgiyi ve sahada tecrübeye sahip sistem mühendisleri çalıştıran uzmanlaşmış departmalar arasında yakın iş birliğini gerektirir . Sistem mühendisliği ve bina inşaatının entegrasyonu, ekipman ya da bina sistemleri ile ilgili konularda tasarım ofisi veya genel müteahhit ile koordinasyon gibi, saha hizmetleri ile desteklenir. Zeka akıllı binalarda, kabuğu, cepheyi, pencereleri, planı ve ısıl kütlesi aracılığı ile binanın çevresel perfromansını etkilemek için kullanılabilir [32,107]. Akıllı bina ile ilgili konulara tam dikkat etmek ve en erken fırsatta – yani projenin başlama ve bilgilendirme aşamalarında - ilgilenmek çok önemlidir [108].



Şekil 3.11: Akıllı bina sistem ergonomisi

Akıllı bir bina yaratmak, aktif olarak duyarlı olan yapı elemanlarını (kabuk, duvarlar, pencereler vs.), bina kontrollerinde yapay zeka kullanımı; SBS'nin önlenmesi ve sistem durumunun kullanıcı dostu bir şekilde gösterilmesi vs. Akıllı binaların derecelendirme ve değerlendirmesinde bütüncül bir metadolojinin formülasyonuna doğru adım atılmasıyla mümkündür [62,106]. Tasarruf edebilmek için konuların tanımlı ve sistematik içinde yer almaları gerekir, buna akıllı binalarda oluşturulmak istenen tanımın temel nedeni de diyebiliriz. **Şekil 3.11**'de akıllı bina içinde yer alan hizmetlerin bir sistematik içinde işleyiş şeması olarak gösterilmiştir.

Akıllı tasarım, binalarımızın özelliklerini muhafaza edebilmeleri için doğa ile uyumlu olması ve dinamik özelliklerini tanımlamamız için çaba göstermemiz anlamına gelmektedir [109]. Akıllı bina, konfor için kullanılan enerjiyi daha da azaltma ve dahası çoğu iklim koşulunda potansiyel olarak sıfıra indirme olasılığını sunabilen binalar olmalıdır.

3.2.1.1 Fiziksel Bina Zekası

Daha uzun ömre sahip olan yapısalların, binanın ömrü süresince pek çok kez değiştirilmek zorunda olan kısa ömrülü yapısallara kıyasla daha fazla esnekliğe ihtiyaçları olduğu ortadadır. Sürekli-olmayan tüm yapı elemanları, yerlerinden çıkartılabilmeli ve daha gelişmiş performansa sahip eşdeğer elemanlarla yer değiştirilebilir olmalıdırlar [33].

Tablo 3.4:Bina yapısallarının, yapı bileşenlerinin yaşam süresi:

Sitrüktür	100 (yıl)
Dış cephe	50
Mekanik sistemler	25
Elektrik sistemleri	10
İç Bölümler	5
Bilgi Teknolojileri	1±3

Yapı bileşenlerinin değişen doğası : ömürleri onbeşle yirmi yıl arasında değişen bina hizmetleri artık kablo ağı ile birleştirilebilmektedir. Uzun-ömürlü bir çözüm ile bir araya getirilen, Güvenlik sistemleri, enerji yönetim ve kontrol sistemleri ve FLS gibi sistemler, (IBS) akıllı bina sistemlerinin altyapısına yerleştirilmiş. Akıllı bina teknolojileri, veri sistemleri ve telekomünikasyon maliyetleri, toplam maliyetlerin %20'si kadar olabilmektedir; bu kısım, geçtiğimiz son on yılda üç katına çıkmıştır. Günümüzdeki modern ofis binalarındaki yönetim teknolojilerinin türleri, maliyet

kontrolü açısından çok önemlidirler [27]. Ayrıca yatırım maliyetlerindeki geri dönşüm periyotlarının hesaplanma süresi son kullanıcı gereksinimlerinin sistemle ilgili isteklerinin oranına gore değiştiği görülmektedir. Bakım işletim dizaynı ve inşaat maliyetleri, binanın yaşam dönemi maliyetlerinin sadece %7'si kadar olurken, organizasyon maliyetleri bunun %90'ı kadardır [106].

En az 50 yıl yaşam süresine sahip bir binanın kullanım öncesi evresinde, malzemelerin üretimi, taşınması ve inşaat için kullanılan enerjinin "en az beş katı" kadar bir enerji miktarı kullanım ve işletim evresinde gerekmekte. Bu aşamada, iklime, bina türüne ve tasarıma bağlı olarak tüketilen enerji miktarının %35-60 arasındaki büyük bir bölümü ısıtma, iklimlendirme, havalandırma, yapay aydınlatma için kullanılmakta. Binaların çoğu zaman 50 yıldan çok daha uzun yaşadığını düşünürsek, özellikle kullanım ve işletim evresinde, enerji etkin yaklaşımların önemli enerji ekonomisi potansiyeli taşıdığını görebiliriz [48]. Bu tür binalarda sistemin 2-2,5 yıl arasında ilk yatırm maliyetinin %11 ini amorti ettiği, sistemde yapılan değişikliklerin dörtte bir, maliyet ve finansal tasrrufların %11 'i ile yatırımın tamamiyle geri dönüşümü sğlanabilmektedir.

3.2.2 Akıllı Binalar ve Analoji

Yüzyılımızda yapılan çalışmalar, ağırlıklı olarak, insan beyninin mükemmel yapısını taklit etmeye yöneliktir. Eskiden yanlız insaının düşünce sisteminin alanında gerçekleştirilen sayısız işlemler bugün bir insanın erişemeyeceği hız ve doğruluk oranında bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilebiliyor. "Akıllı Binalar Enstitüsü"nün tanımıyla; "strüktür, sistem, servis ve yönetim'den oluşan dört temel unsur ve bunlar arasındaki iletişim yoluyla, üretken ve ekonomik bir ortam sağlayan yapılar"dır [110,111].

Beyin; akıllı bir bina için bir model oluşturmanın başlangıç noktası insanlardır, çünkü, makinelerin çalışmasını sağlayacak olan akıl gücünü belirleyecek olanlar onlardır [5]. İnsan beyninin ,çok yakın zamana kadar bilinmeyen, inanılmaz bir öğrenebilme kapasitesi ve binlerce ortama uyum sağlayabilme özelliği vardır. Beynimiz asla izole bir bilgisayar değildir ve vücudumuzun yaşayan bütün fonksiyonları ile sürekli bir karşılıklı etkleşim içinde bulunmaktadır [26]. Farklı esnek sistemler için bu tartışma, binlerce problem için bir değil binlerce çözümün bulunması yönündedir

Eğer zekanın ne olduğunu, yaratıcılığın ne olduğunu, beyninin nasıl çalıştığını ve akıllı makinelerin nasıl yapıldığını anlayabilmek istiyorsak bu tahminlerin doğasını ve corteksin bunları nasıl yaptığını anlamak zorundayız. Bina yönetim sistemi insan beynine ve de özellikle 'hipotalamusa' benzetilebilir [61,103].

3.2.2.1 Akıllı Binaların Öğrenme Yetenekleri

Akıllı kabuk, kullanım kalıpları ile belirli iklim şartlarına verilecek en uygun tepkiyi öğrenmek için yetenekler geliştirebilir. Bu, akıllı binanın evriminin bir parçasıdır. Akıllı bina bu zorluğu ortadan kaldırmaktadır, çünkü kendine nasıl bakacağını bilir ve de aynı zamanda kullanıcı kontrölünü kolaylaştırıp yönlendirebilir. Kullanıcının değişen çevre koşullarına uyum sağlama ve konfor gereksinimleri yüzünden sisteme müdehalesi sınırlandırılmış ve gereksiz enerji kullanımı engellenmiştir.

Belirsiz mantık kullanan nöral ağlar ve bilgi-tabanlı yazılım algoritmaları, bazı binalara, kendi enerji statülerini ve ısıl özelliklerini öğrenme yeteneği verebilmekte ve eskiye ait ya da yeni verileri ve ortaya çıkan iklim koşullarını, geçmişteki çalışma startejileri ile bağlantılandırabilmektedirler. İnsanlar bireysel olarak tepki vermektedirler ve her tepki, geçici ya da uzun dönemli hafızada depolanan bir tecrübe haline gelmektedir [5,61]. Beyin geçmişe benzetim yoluyla tahmin yapabilmektedir. Bu nedenle doğal eğilimimiz, yeni bir teknolojinin bir önceki teknoloji ile aynı şekilde işler için kullanılacağı düşüncesine sahibiz. Bina bu duruma yanıt olarak "kendini eğitmeye" yeteneğine sahip olmalıdır. Bunun anlamı şudur; bina kullanıcıları, binayı işletme ve kullanma ile ilgili tecrübelerinden birşeyler öğrenirken bina buna adapte olabilmelidir, böylece hem geçmişinden öğrenmiş, hem de ömrü boyunca sürekli öğrenme sürecinden faydalanmış olur [33,103]. Sabit beklentilerimize zıt olarak yeni teknolojik gelişmeler eski tekniktenden farklı olarak dinamik ve öğrenebilen bir kullanıma sahiptir.

3.3 Akıllı Binaların Düzenlenmesi / Yapısı

"Akıllı bina konsepti" (IT) bilgi teknolojilerinin gelişimi, komforlu yaşam çevresi" için git gide artan çok yönlü talepler ve kullanıcıların kendi yerel çevrelerini kontrol etme gereksiniminin artışıyla özendirilmiştir/ harekete geçirilmiştir [112].

Akıllı bina alt-sistemlerinin sağlamış olduğu akıllı fonksiyonlar ve kolaylıklar inanılmaz seviyedir. Ancak bu Akıllı bina sisteminde, her alt sistem, farklı protokollere sahiptir. Alt-sistemlerin total entegrasyonunu elde edebilmek amacıyla,

protokollerin dönüşümünü gerçekleştirmek için geçiş noktalarına ihtiyaç vardır [113,114].

Bu günlerde, bilgi teknolojilerindeki (IT) hızlı gelişim, bu zorlukların üstesinden gelmek anlamında yeni olası metodlar sunmaktadır. BACS şebekesi, yönetim seviyesi, otomasyon seviyesi, ve saha seviyesi olmak üzere üç seviyeye bölünebilmektedir ve farklı seviyelerde, farklı fonksiyonlara ihtiyaç vardır. Varolan sistemlere yeni gelişmiş system parçaları eklendiğinde ortaya çıkacak sorunlar IT ile üstesinden gelinebilir. Teknolji statüsü / Uygulamalar şu şekilde olmalıdır:

- İyileştirilmiş operasyon ve bakım yöntemlerinden elde edilen tasarruflar, mevcut ticari binaların, yıllık enerji maliyetlerinin %30'dan fazlasını tasarruf ettirebilirler.
- Bina sistemlerinin entegrasyonu sayesinde yeni binalar için tasarruflar %70'i geçebilmektedir ve birleştirilmiş soğutma, ısıtma ve elektrik temini ile, binalar net elektrik üreticisi ve elektrik güç ağının dağıtılmış tedarikçileri olabilirler [115].

Kontrol, ister insan zekası isterse yapay zeka olsun, zekanın bir diğer yüzü olan tecrübe ile birlikte olmalıdır ve bu şekilde belirli bir durum ortaya çıktığında ya da belirli bir sonucun ortaya çıkması olası olduğunda, uygun bir müdahale kaybını ya da hizmet azalmasını önleyebilmelidir [108]. Bir akıllı binada iki anlam seviyesi vardır; fiziksel bina zekası ve akıllı binanın yönetim ve işletimi [64].

3.3.1 IT (Bilgi Teknolojileri)

Neden DDC ? Analog bir dünyada yaşıyoruz. Isı, basınç, sıvı akışı, ve ısıtma, havalandırma, ve de klima ve dondurma sistemlerinde kontrol edilmesi gereken diğer tüm fiziksel miktarlar, sürekli değişken analog miktarlardır. O zaman, eskiden ponömatik ve elektronik analog kontrol üniteleri tarafından yönetilen bir dünya olan HVAC&R'de artan bir şekilde görülen dijital kontrol hakimiyetinin altındaki sebep nedir? [116].

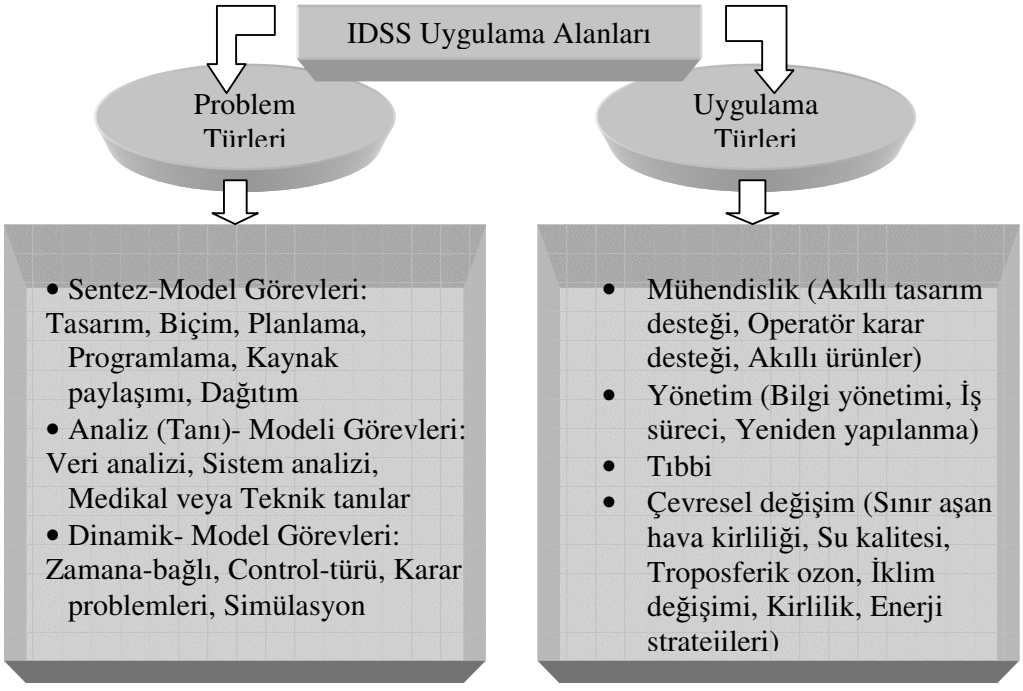
Doğrudan dijital kontrol (DDK), bugünlerde bina otomasyon sistemlerinin (BOS) temel kavramıdır. Havalandırma gereksinimlerini yerine getirmek için, ya da soğutma amacıyla bina dışındaki havayı kullanmak için kullanılan doğrudan dijital kontrol döngüleri vardır. Bina otomasyon sistemi (BOS), enerji yönetimi inşa etmek için tasarlanmıştır ve de aynı zamanda, tesis yönetimine ve personel işletimine yardım için de bir araç olabilmektedir [63].

3.3.1.1 Doğrudan dijital kontrol sistemlerinin kurulması:

Doğrudan dijital kontrol (DDK) sensörleri, aktüatörleri, panelleri ve ara bağlantı kablolamaları, yaygın bir anlayış ve ilgili bina kodlamalarının temel gereksinimlerine uymaya dayalı olarak kurulur [116].

ASHRAE, 1995 yılında – HVAC kontrol endüstirisi için standart bir iletişim protokolü olan BACnet adında bir ANSI/ASHRAE standardı yayımlanmıştır; bu standart, kontrol sistemi mesajlarının nasıl oluşturulacağını ve bir cihazdan diğerine bilgi aktarmak için net tür bir şebeke kullanılacağını belirtir [63,117]. BACnet protokölü, birden fazla, rakip üretici tarafından üretilmiş olan kontrol sistemlerinin birbiri ile iletişim kurmalarını ya da "birbirleri ile çalışmalarına" olanak sağlar [102].

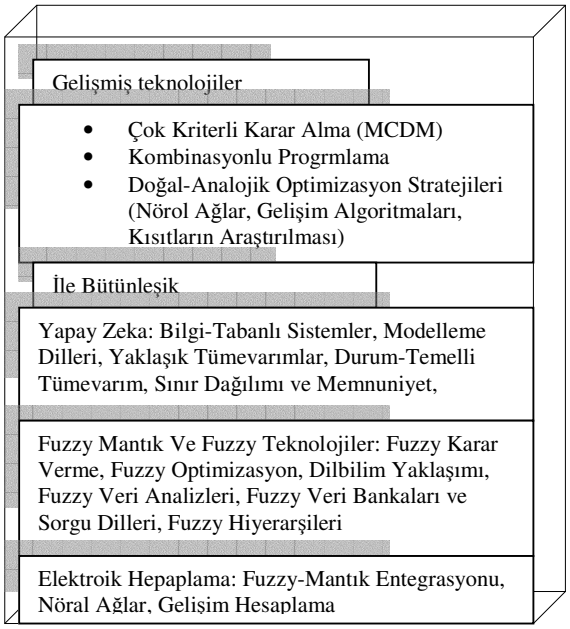
Bu günlerde, bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişim, bu zorlukların üstesinden gelmek anlamında yeni olası metodlar sunmaktadır. BACs şebekesi, yönetim seviyesi, otomasyon seviyesi, ve saha seviyesi olmak üzere üç seviyeye bölünebilmektedir ve farklı seviyelerde, farklı fonksiyonlara ihtiyaç vardır. Varolan sistemlere yeni gelişmiş system parçaları eklendiğinde ortaya çıkacak sorunlar IT ile üstesinden gelinebilir.



Şekil 3.12: IDSS nin uygulama alanları [118]

Stratejik kararların verildiği ortamın karmaşıklığı, Akıllı Karar Destek Sistemine (IDSS) duyulan ihtiyacın temel sebebi gibi görünmektedir (şekil 3.12). Bu karmaşıklığın pek çok sebebi vardır :

- ✶ Kararlar için gerekli olan bilgi ve enformasyon eksik, belirsiz ya da muallakta ve hatta tutarsızdır ancak,
- ✶ Bilgi aşırı yüklemesi hala artmaktadır
- ✶ Birden fazla ve genelde birbiri ile çakışan hedefler ve birden fazla farklı türde kısıtlama vardır
- ✶ Değişen bir ortamdaki kararlar için zaman kısıtlamaları mevcuttur ve grup karar verme sürecine doğru bir eğilim vardır (şekil 3.13) [118].



Şekil 3.13: IDSS için faydalı metodlar [118]

Bina otomasyon endüstrisinde akıllı hizmetlerin entegrasyonu hala çok zayıftır ve kapsamlı ve entegre algoritmaların olmaması, endüstrinin ortak programlar geliştirme anlamındaki isteksizliği, uygulayıcıları arasında bu sistemler hakkında bilgi eksikliği, zayıf ulusal hukuki normlar ve binalarda enerji tasarrufunu zorlayıcı standartlar sebebi ile kullanıcılar, sistemin güvenilirliği konusunda henüz ikna olmuş değillerdir [119,113].

3.3.1.2 Yerel Ağ Şebekesi

Bir yerel ağ şebekesi (LAN), aynı alanda bulunan ve birbirine bağlı olan bilgisayar grubuna verilen isimdir [63]. Farklılıklarının aksine, ilgili bina operasyon alanlarını optimize etmek için tasarlanmış ve uygulanmışlardır. Bir sistemden diğerine bilgi transferi otomasyona alınarak, sistemler birbirlerini tamamlayabilmektedirler [117].

3.3.1.3 Belirsiz (Fuzzy) sistemler

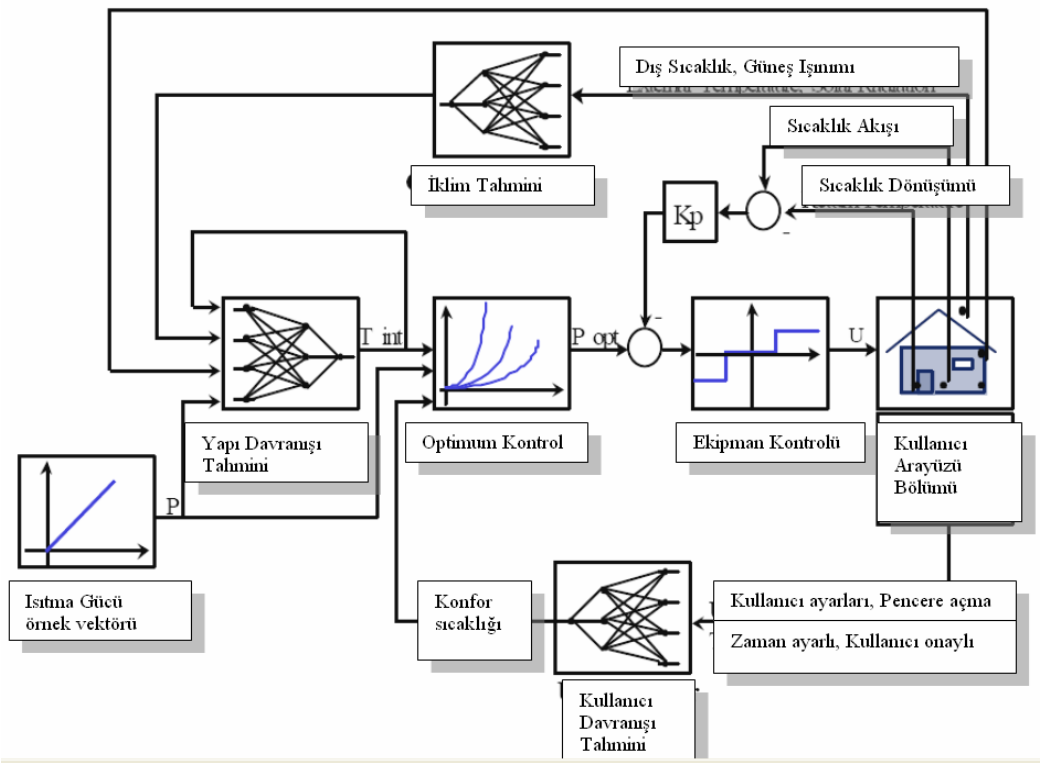
Belirsiz mantığın başlıca özelliği; insan düşüncesindeki belirsiz durumları ifade eden, öznellik ve karşılaştırmalı kesin durumlar için tecrübeye sahip olmasıdır. Uzman sistemlerin çok kullanılan bir sınıfı, bilgiyi temsil etmek için "eğer-o zaman" kuralları kullanır. Bu sistemlere kural-temelli sistemler denilmektedir [120]. En temel belirsiz uzman sistemi üç aşamada çalışır : girdi değişken değerlerini belirsiz değerlere dönüştürmek, kuralın örnekle desteklenmesi ve belirsiz değerlerden net sonuç değerlerine değişim. Yapı zekasının hangi niteliklerde çalıştığı ve karar aldığını gösteriyor (tablo 3.5).

Tablo 3.5: Bulanık (Fuzzy) sistemler (FS), Nöral (sinir) ağlar (NN), Genetik algoritmalar (GA), Geleneksel kontrol teorisi *

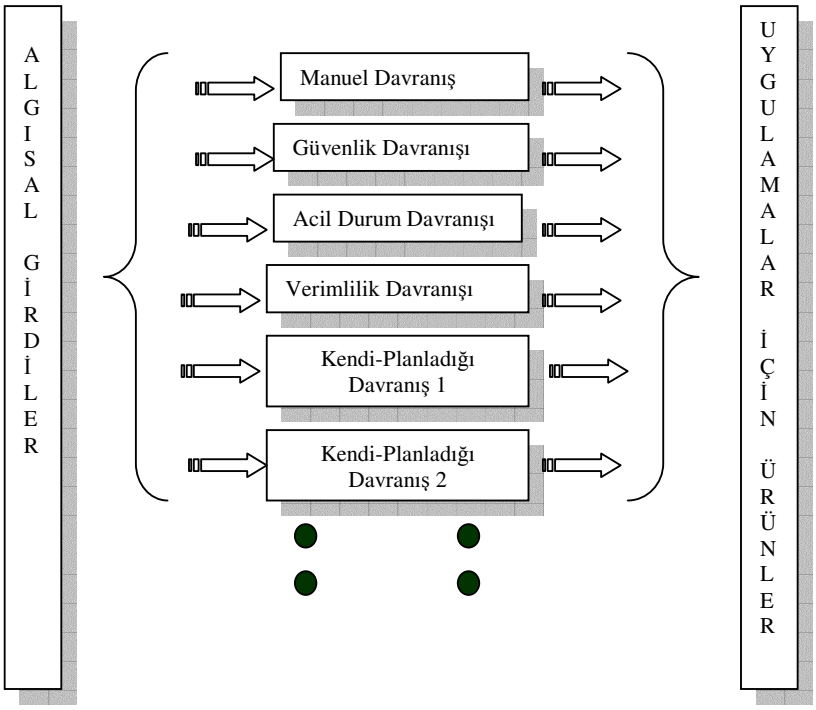
	FS	NN	GA	Control Teorisi
Matematiksel model	SG	B	B	G
Öğrenme yeteneği	B	G	SG	B
Bilgi sunumu	G	B	SB	SB
Uzman bilgisi	G	B	B	SB
Doğrusal olmayan	G	G	G	B
Optimizasyon yeteneği	B	SG	G	SB
Hata toleransı	G	G	G	B
Belirsizlik/değişkenlik toleransı	G	G	G	B
Gerçek zamanlı işletim	G	SG	SB	G

*Fuzzy terimlerin sınıflandırılması için; (G) iyi, (SG) daha az iyi, (SB) daha az kötü, (B) kötü, kullanılmıştır [120].

Sistemi anlamak için once bahsettiğimiz sistemin parçalarının nasıl işlediğini kavramamız gerekir (şekil 3.14ve 3.15) [63].



Şekil 3.14: Isıl kontrol için Nöral-fuzzy yaklaşımı [119]



Şekil 3.15: Tipik bir alet kontrol takibi içindeki davranış [114]

Tahminsel kontroller vasıtası ile bağlantıların sayısı azaltılabilir ve kontrol stratejisi performansları bu sayede muhafaza edilebilir ya da iyileştirilebilir. Uyum sağlayabilen kontrol stratejileri, kötü ayarlanmış bina kurulum uygulamadaki problemleri çözmek amacıyla, kendini-ayarlayan bina enerji yönetim sistemlerinin yaratılmasını sağlar [119].

3.3.1.4 Nöral Ağ

Yapay zeka uygulamalarının temel kavramı "arama" (çözümü bulmak için yapılan arama tekniği) dır. insanlardan esinlenerek oluşturulan yapay sinir ağları yüzeysel olarak bakıldığında olağan bilgisyar programından çok beyne benzer. Yapay sinir/nörol ağı (ANN), belirli sayıda, birbirine bağlantılı nöronlardan oluşan bir ağdır. Her bir nöron, yerel bir hesaplama yapar ve çıktısı, onun girdisi ile diğer nörona olan bağlantısı tarafından belirlenir. Yapay nöron şebekeleri ile ilgili araştırmaların ardında, insan beyninin fonksiyonları ve çalışma şekli üzerine gerçekleştirilmiş olan çalışmalar vardır. Hemen hemen bütün yapay sinir ğları, geleneksel dijital bilgisayar üzerinde simülasyon programı olarak çalışmaktadır [63,121]. Farklı özellikleriyle kulanımı kolaylıklar sunacak avantajlara sahiptir (tablo 3.6).

Kişisel öğrenme kiriteri : statik bir belirsiz (fuzzy) kontrolör, tüm çalışma şartları için en uygun olamaz. Sistemin orjinal tasarım şartlarından olası sapmalarına karşı kendini adapte edebilmesi için, kendi kendine bir öğrenme yetisine sahip olması gerekmektedir.

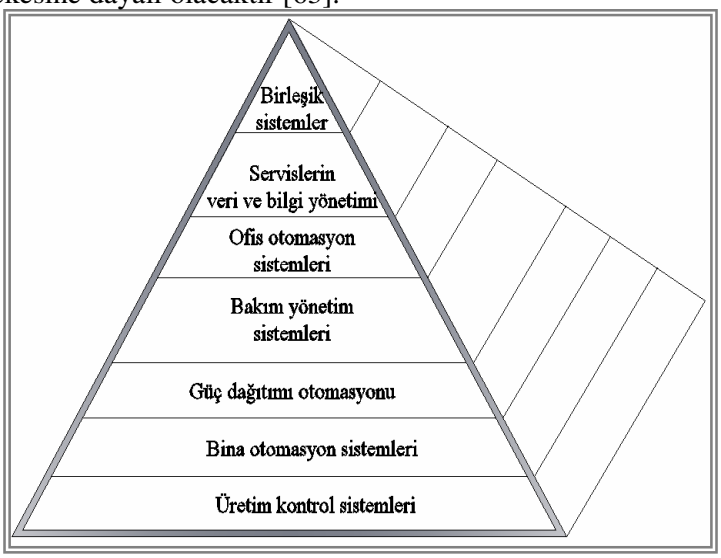
Görevlendirme/Komisyonlama, kullanıma hazır bir kurulumun hazırlanması ve çalışma öncesi kontrolünün yapılması olarak tanımlanmıştır [48]. Sinir ağları, yapay zeka yaklaşımı üzerine kurulu özgün bir gelişmedir, çünkü onların mimarisi gerçek sinir sistemidir [63,103].

Tablo 3.6: ANN 'nin avantaj ve dezavantajları

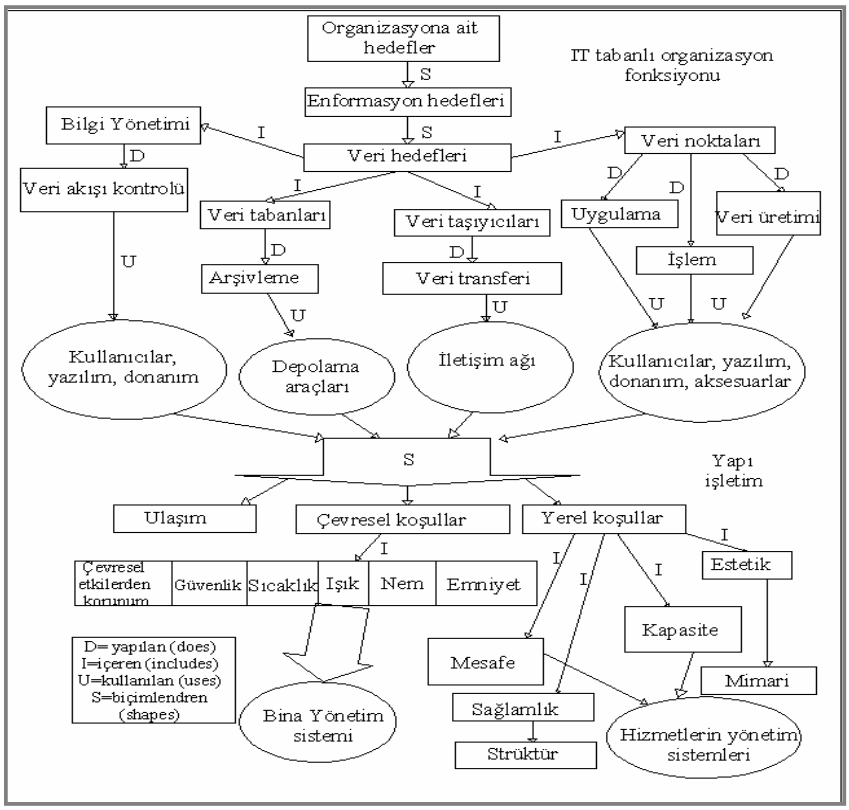
Avantajlar	**Dezavantajlar**
Doğal olana paralel	Tasarım prensipleri ve belirli kuralları yoktur
Hataya toleranslı	Ağ içini değerlendirebilecek bir yol yoktur
Adapte olabilen	Eğitim zor yada imkansız olabilmektedir
Problemi tanımlayabilmek için daha azına ihtiyaç duyar	Ağ performansını tahmin edebilmek zordur

3.3.1.5 Dağıtılmış Zeka:

BAS ilk geliştiğinde control merkezi bir sisteme aitti ancak (DDDC) dağıtılmış direkt dijital kontrol tekniği gelişince, controller/denetçiler daha küçük ve parçalı hale geldiler (şekil 3.16). Bir sonraki yeni nesil sistem kontrolleri büyük olasılıkla ortak bir iletişim şebekesine dayalı olacaktır [63].



Şekil 3.16: Servislerin ve bilgi üretim kontrol sistemlerinin sistematiği



Şekil 3.17: IT ve Yapım aşamasının ilişkisinin gösterilmesi [112]

Daha iyi bir hizmet sağlamak için, yöneticiler; tesis yönetimi için insan sistemlerini ,bina ve ofis otomasyonu için bilgisayar sistemlerini kullanabilir olmalıdırlar (şekil 3.16). Başarılı bir akıllı bina kurulumu için gerekli üç çözüm kademesi şunlardır :

1.Bilgi Teknolojilerindeki gelişimleri özümseyen ve organizasyonun büyümesini ve değişmesini izin veren etkili bir bina dış cephesi gerekmektedir.

2.Etkili iç ve dış iletişimi sağlamak, çevresel be bireysel konfor kontrolünü desteklemek ve değişimi, erişimi ve kullanımı gözlemlemek için bina ve ofis otomasyon sistmeleri ve mekan yönetim sistemleri gereklidir.

3.Tamamen farklı olan organizasyonların, sistemlerin, verilerin ve personelin, entegrasyonunu sağlayan entegre teknolojilerin ve hizmetlerin, daha fazla iş etkinliği gibi ortak bir amaca odaklanmasına ihtiyaç vardır [64].

3.3.1.6 Gelişmiş Kontrol Sistemlerindeki Yenilikler

Kullanıcı beklentileri artmakta ve organizasyonlar değişmektedir ve bu da bilgi teknolojilerindeki yeniliklerden kaynaklanabilmektedir, bu durum, bina ya da organizasyon üzerinde daha fazla talebe yol açmakta ve fonksiyonel yeterliliğin yeniden ayarlanmasını gündeme getirmektedir. Tesis yöneticisi; binanın, sistemleri ve insanların etkin bir şekilde çalışmalarını ve etkileşim içerisinde olmalarını sağlayan temel bir role sahiptir [5]. Ancak günümüzde hala yeni bir kavram olarak geçen ve gerçek niteliği anlaşılamamış olan bu grubun, doğru değerlendirilmesiyle sağlanacak olan verimliliğin bilinmesi gerekir. Bu nedenle hem akıllı bir bina için bu kadar öneme sahip yeni bir alan olan tesis yönetiminin doğru bir şekilde tanımlanması hemde tesis yöneticisinin sahip olması gereken özelliklerin bilinmesi yapı yönetimi ve performansı açısından oldukça önemlidir.

3.3.2 Akıllı Binalar İçin Tesis Yönetimi

"Tesis yönetimi" terimi, değişimin yöneticilerini belirlemek amacıyla oluşturulmuştur ve fonksiyonel ya da teknolojik eskime ile ortaya çıkan bina eskimesini önleme üzerine odaklanmıştır.

Tesis/sistem mühendisleri ve sistem entegre ediciler, şebekelendirme ihtiyaçlarını iki şekilde tanımlamalıdırlar :

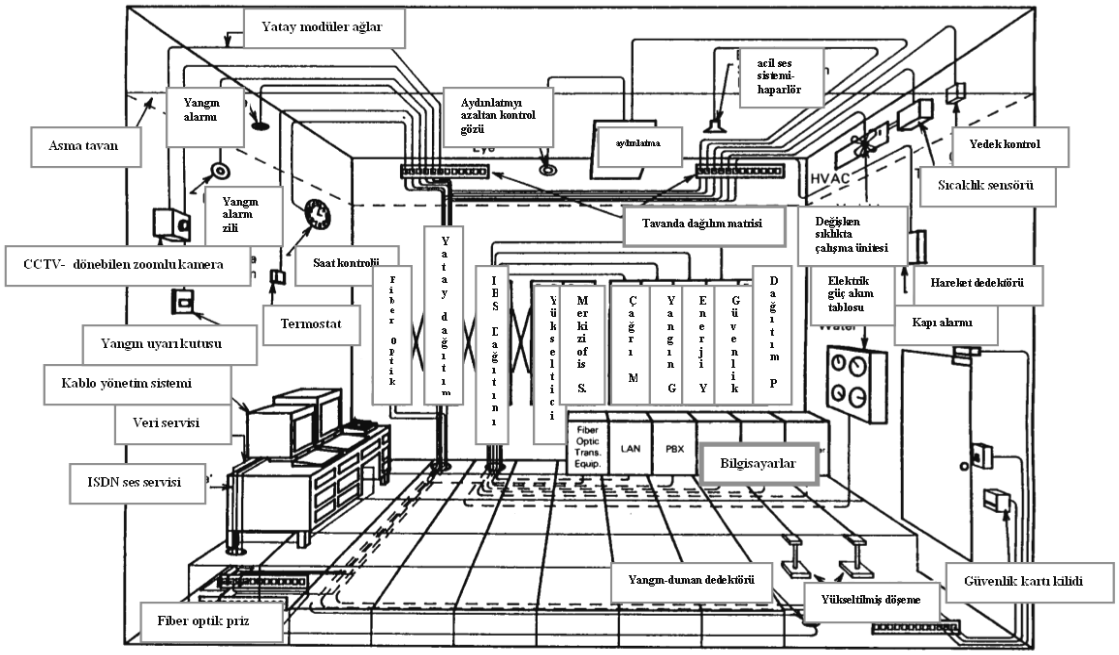
1. Her bir grup içerisinde şebekelendirme (yani, bina otomasyon sistemlerinin şebekelendirilmesi)

2. Gruplar arası şebekelendirme [117].

Akıllı binalarda enerji tüketimini azaltmaya yönelik olarak, tesis yönetim sistemleri tarafından kullanılan stratejiler arasında şunlar içerir :

- Programlı başlama/ durma
- ideal başlama/durma
- Görev döngüsü
- İstenilen değeri belirleme
- Elektrik talebi kısıtlama
- Adaptif/uyumsağlayan kontrol
- Soğutucu optimizasyonu
- Kazan optimizasyonu
- Optimal enerji kullanımı

Akıllı ofis mekanındaki uygulamalar için mekan özellikleri şekil 3.18 de gösterilmştir.

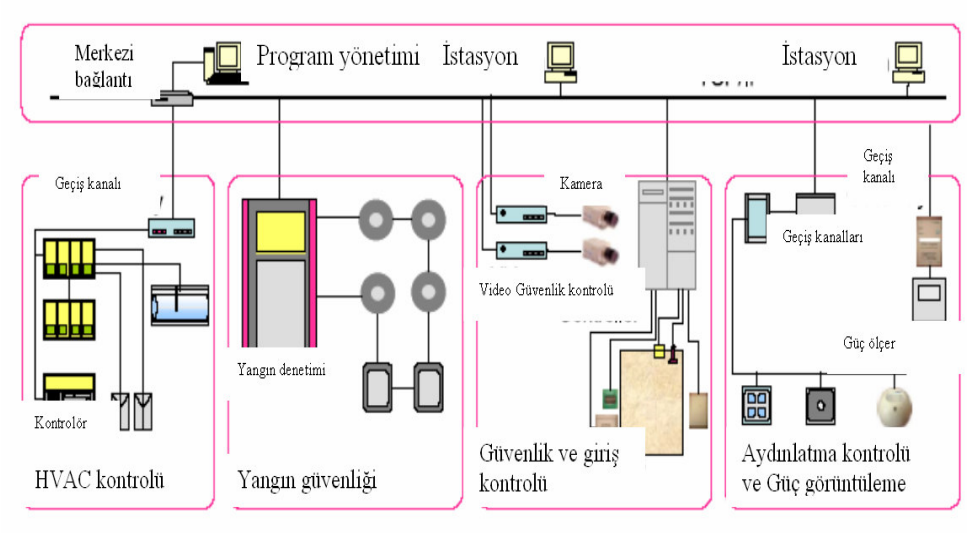


Şekil 3.18:Akıllı Ofis mekanı diyagramı [27]

Bakım: En az enerji kullanımı ile konfor sağlamak için, yapay-zekayı kullanma olasılıkları belirlenirken, maliyeti ve yaşam öngüsü ile ilgili sonuçlarını da göz önünde bulundurmak gerekir [61].

Bir akıllı bina sistemi (IBS), bir dizi hizmet ve sistemin tek bir bütün haline getirilmesidir. Genel anlamda bileşenler (şekil 3.19) (tablo 3.7) şunlardır :

- Enerji yönetim sistemleri (EMSs)
- Isı takip sistemleri (TMSs)
- Aydınlatma kontrol ve azaltma (LCRs)
- Erişim ve bölge belirleme/yer saptama sistemleri
- Güvenlik sistemleri
- Yangında hayat güvenliği (FLS)
- Entegre hizmetler dijital ağı da dahil olmak üzere, telekomünikasyon (ISDN)
- Ofis otomasyonu (OA)
- Bilgisayar sistemleri
- Yerel ağlar (LANs)
- Yönetim bilgi sistemleri (MISs)
- Kablolama şemaları ve kayıtları
- Bakım sistemleri
- Uzman sistemler



Şekil 3.19: Akıllı binada system gruplaşmasının örneklenmesi [113]

Yukarıda belirtilen bina bileşenleri, dört ana başlıkta değerlendirilebilir: tesis yönetimi, bilgi yönetimi, bağlayıcılık ve genel kontrol

- Tesis yönetimi

- Bilgi Yönetimi
- Bağlayıcılık : Telekomünikyasyon ve ağlar, bağlantıların temel unsurları
- Genel control [27]

Tablo 3.7: Akıllı bina teknolojileri ve sistemleri [1,39,58, 63,94,103,122]

	Akıllı bina Yazılım/Program sistemleri	Donanım/Cihaz	Yakın zamandaki gelişme
BAS	- Standart Protokol (yani BACnet, Lon Works vs.) - Doğrudan Dijital Kontrol (DDC)	- Ağ kontrol birimleri, operatör bilgisayarları, ağ genişletme birimleri, uygulama-spesifik kontrolörler ve sensör sistemleri, vs.	- Bir modem vasıtası ile uzaktan telefonla arama sistemi ile merkezi BAS bilgisayarının etkileşimi sayesinde kontrol ve gözetim sağlayan bina otomasyon sistemine yönelik web-kontrollü cihazların kullanımı.
HVAC sistemi	- Hizmet Döngü Programı, Çalışma saatleri dışındaki program, Chillerin Optimum başlama-bitiş programı, Çalışma saatleri dışındaki gece temizleme programı, Entalpi Programı, Yük ayarlama programı, Sıfır-enerji bandı programı ve Isıtma/soğutma yerleşiminde verimlilik programı gibi yazılım programları ve - HVAC işletimine yönelik diğer özel programlar	- Hava taşıma birimi (AHU) kontrolörü; dağıtılmış kontrolör; tam klimalı değişken hava-hacim sistemi (VAV) kontrolörü, merkezi soğutma ünitesi; katların, dairelere ait bölümlerinde bulunan ısıtma/soğutma elementleri; ve basınç, akış sensörleri vs. gibi diğer cihazlar.	- Bilgisayarlı görüntüleme sistemi (klimalı bir alandaki kişi sayısını tespit eder ve kontrol sistemine, binada yaşayanların dağılımı hakkında bilgi verir) - Internet-temelli HVAC sistemi, yetkili kişilerin, kullanıcı nerede olursa olsun, BAS ile yakın temasta olmasını sağlar.
Aydınlatma Sistemi	- Bina dolu – boş iken ışık kontrol programı (zaman-temelli ışık kontrol programı); ve ışık kontrolüne yönelik diğer spesifik programlar.	- Şarj-eşlikli cihaz (CCD) kameraları, akıllı ışık kontrolörü (ILC)/ışıklandırma yönetim sistemi kontrolörü, hareket tespit ediciler, ışık sensörleri, ve dokunmatik düğmeler vs. gibi diğer cihazlar.	- Internet temelli ışıklandırma sistemi

Düşey Taşıma Sistemi	- Asansör çalışması ve gözetim için spesifik programlar	- Asansör sensörleri ve yolcu dedektörleri, nöral-ağ temelli kontrolör, ve CCD kamera vs. gibi diğer cihazlar.	- İleri sürücüler ve yapay zeka temelli kontrol - Akıllı binalarda, asansördeki yolcu sayısını tespit etmek ve asansör kontrolüne yardımcı olmak için bilgisayarlı görüntüleme teknolojileri kullanılmıştır.
Yangın Önleme	- Yangın önleme ve tespitine yönelik spesifik programlar	-Akıllı Yangın Önleyici (IFC), tam yönlendirilebilir otomatik yangın alarmı ve dedektör sistemi	- Ayrı, akıllı yangın alarmı ünitelerini ve yangın başlatan devre akıllı sensörlerini içeren sofistike yangın alarm sistemleri.
Güvenlik sistemi	- Tedbir, tespit ve güvenlik sistemleri için spesifik programlar	-Akıllı Erişim Kontrolörü (IAC); -CCTV kamera sistemi, e-Card ile erişim, davetsiz misafir alarm sistemi ve özel mevcudiyet tespit sensörleri	- Internet-temelli güvenlik sistemi
İletişim Sistemi	- Özel otomatik hat değişim sistemi (PABX), entegre hizmet dijital ağı (ISDN), yerel alan ağı (LAN) ve internet sistemi ve uzaktan bina kontrolü ve gözetimi sağlayan diğer yazılım programları	- Klasik telefon sistemleri, antenler, iletim kabloları, ampflikatörler, mikserler, ayırıcılar, tekrarlama ampflikatörleri, azaltıcılar ve nihai TV ekranları; uydu iletişimi için çanak antenler.	- Uzaktan bina kontrolü ve gözetimi sağlayan internet-temelli cihazlar.

Gelecek: (akıllı binalarda çevresel bilincin oluşması: enerji-global, enerji-bölgesel değerler). Bu global eğilimleri aşağıdaki faktörler belirlemektedir [55]:

- Dünya nüfusundaki artış
- Ekonomik globalizasyon
- Global bilgi ağları
- Zengin ve fakir arasındaki artan gelir dağılımı farkı
- Yeni piyasaların ortaya çıkması
- Çevre kirliğliği
- Kaynak israfı

100 yıl içerisinde, oldukça sofistike bir dünya nüfusunun enerjisinin %50'sini tüketiyor olması fikri, şu an pek olası görünmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarının daha geniş çaplı kullanımı olmaksızın sürdürülebilir görünmemektedir [61].

Bina performansını artırırken enerji gerksinimlerini azaltmak ve çevresel performansı artırmanın tek yolu: Binaların, ışıklandırma, ısıtma, soğutma, ve havalandırması için gerekli performans iyileştirmelerini yaratabilmek için, tüm sistemlerin kapsamlı biçimde entegrasyonu ile mümkündür [123].

Bu tür bir dış cephe; yeni nanometrik teknolojilerden yararlanmak ve mimari için yeni bir estetik sunmak için ekipmanlandırılmış, biyoklimatik olarak tasarlanmış, bölgesel olarak temellendirilmiş, yeni estetik formlarına sahip ve teknik olarak yeterli olan geleceğin oldukça gelişmiş binasına ciddi bir katkıda bulunabilir [61].

3.4 Öğrenen Bir Bina Olarak Akıllı Bina

Binanın kurulmuş olduğu alandan, binanın dış cephesine, iç dokusu ve altyapısına kadar, bütün unsurları esnek olmalı ve değişime cevap verebilmelidir – esnek olmayan sistemler, öğrenen bir binanın bir parçası olamazlar. Öğrenen binanın başarısı, sofistike/karmaşık ve akıllı bina bişenleri ve sistemleri üzerine değil, bunların kullanıcıya sunulma şekli ve bunların, öğrenen binanın ömrü boyunca nasıl yönetildiği üzerine kuruludur [33].

Öğrenme süreci, sistemin önceki operasyonları ile ilgili bilgilerini birleştirebilmeli ve olasılıkla, toplanan bilgiler ışığında genelleme ve sınıflandırma yapabilmelidir. Bunların hepsi operasyondaki potansiyel değişimler ile bağlantılıdır. Akıllı bina ve öğrenebilen bina temel hatlarda aynıdır.

Öğrenme, aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır :

- ***Yetenek*** kazanma süreci teşkil etmek
- Bireysel bir davranışın bir ***türevini/değişimini*** üretebilmek
- Davranışsal ***potansiyel***de değişim yaratmak
- Görevine daha iyi ***adapte*** edilmiş bir iç program geliştirmek
- Bir görevin daha ***verimli*** bir şekilde yapılmasını sağlamak
- Ürün davranışının ***kalitesini*** değiştirmek

- Bellekte ***faydalı*** değişiklikler yapmak [105]

Temel özellikleri :

Kullanıcılarının, hedeflerine ulaşmalarını sağlamak için, öğrenen bina aşağıda belirtilen şu özelliklere sahip olmalıdır [33]:

✶ Adapte olabilme

✶ Yeterlilik;

✶ Uygunluk;

✶ Kontrol edilebilirlik;

✶ sürdürülebilirlik.

3.4.1 Akıllı Binalar İçin Kullanıcıların Taşıdığı Önem /Birlikte İşlerliği Anlamanın Faydaları :

1.Kendimizi eğitmek : Nihai/son kullanıcılar, birlikte işlerliği ve ağ oluşturmayı anlamaktan pek çok yönde fayda elde edeceklerdir. Sağlayacakları en büyük fayda, kendilerini eğitmeleridir. Eğitimli nihai kullanıcılar, tesislerin otomasyonu ve entegrasyonunun uzun vadeli geliştirilmesi anlamında daha iyi kararlar verebilmektedirler [117].

2.Mevcut sistemlerin ve ağların optimum kullanımı

3.Her bir entegrasyon seviyesi için opitmum ağın seçimi

4.En uygun ara yüzlerin tanımlanması

5.Standardizasyon

Eğitimli nihai kullanıcıların, organizasyona fayda getirebilecek yönleri şunlardır :

- Teklif edilen çözümleri değerlendirmek ve çözüm sunmak için daha kalifiye olmaları
- Tesislerinin ve otomasyon sistemleri ve ağlarının entegrasyonu ve gelişimini içeren ana planları geliştirmek ve değerlendirmek, üst yönetime gerçekçi finansal teklifler ve takvimler sunmak, ve teklif edilen ağların ve sistem entegrasyonunun maliyet ve faydalarını değerlendirmek açısından daha kalifiye olmaları

- Sistemler arasında birlikte işlerlik sağlamak açısından gerçekçi spesifikasyonlar ve maliyet tahminleri ile sonuçlanabilecek, (hizmet sağlayıcı firmalar tarafından yapılan) sunumları daha iyi yorumlayabilir olmaları
- Tesis ana planında belirtilen şekilde, sistemlerin ve ağların entegrasyonunu koruma anlamında daha kalifiye olmaları.

3.4.2 Akıllı Ofis Mekanlarinin Geliştirilmesi için Yapılan Çalışmalar

Akıllı ofis mekanlarının oluşturlması için farklı grupların neredeyse birbirine eş zamanlarda yaptıkları çalışmalar ve bu çalışmalardan çıkardıkları sonuçlar; bu mekanlara ilişkin bir dizi sonuçlara ulaşılmasına yardımcı olmaktadır.

İleri düzey çalışma alanları için yenilikçi çevreler yaratmak için 20 den fazla akıllı binada yapılan uluslararası çalışmalar sonrası, Carnegie Mellon üniversitesi merkezli disiplinler arası uzman bir takım oluşturuldu, gelişmiş bina sistem entegrasyonu consorsiyumu (Advanced Building Systems Integration Consortium-ABSIC). Hükümet-sanayi-üniversite ortaklı olan bu çalışmalarda ileri düzey çalışma alanlarının geliştirilmesi ve tanımlanması hedeflenmişti. ABSIC çalışma takımı parça ve entegre sistem yeniliklerini, onların çok yönlü performans özelliklerini,uzman analizlerini,kullanıcı değerlendirmelerini alan tanılarını için değerlendirmişlerdir ve elde ettikleri sonuçlara gore, yeni ofis tasarımlarında üç kritik şart ortaya konulmalıdır:

1. Akıllı ofis binası, yönetim için her türlü yeni donanım kullanımı gerektirir.
2. Akıllı ofis binası, kullanılması beklenen donanımlar için uygun fiziksel ve çevresel ortamların mevcut olmasını garantiler.
3. Akıllı ofis binasında, bu fiziksel komponentler/bileşenler, sadece binaya yerleştirilecek olan donanımın çeşitleri ile ilgili ilişkilerinide bağımsız olarak değerlendirilmezler.

Tablo 3.8: Akıllı binalara doğru geçişler

Periyod	Kategori	Temel özellikleri
1981-1985	**Otomasyonlu binalar**	Son derece özelleşmiş bilgi ve iletişim hizmet ve sistemlerini öneren binalardır
1986-1991	**Duyarlı/Adapte olabilen yapılar**	Çeşitli parçaların yaşam-döngüsü ile ilişkili, kabuk, servisler… vs, bazı kulanıcı gereksinimlerine yanıt veren binalardır.
1992--	**Etkin binalar**	Kendi iş hedeflerini gerçekleştirebilen organizasyonlar içindeki çevreyi destekleyen ve adaptasyon sağlayan binalardur

Akıllı binaları, normal binalardan ayıran en önemli özellik, binaların içerisinde yerleştirilmiş olan çeşitli sistemler arasındaki, ve bina kullanıcıları ve bu sistemler arasındaki birbirine bağımlılığın derecesidir.

Örneğin şu unsurlar arasındaki bağımlılık gibi [124]:

- iletişim ile ofis teknolojileri arasında
- bilgisayarların birbirleri ile ve merkezi işlemciler ile arasında
- güç kabloları, veriler, ses; mobilya arasında
- tasarım ile servis yönetim fonksiyonları arasında
- kullanıcıların ile ekipmanların çevresel ihtiyaçları arasında
- kullanıcıların ile tasarımcıların ihtiyaçları arasında
- bilgisayarların/çalışma istasyonları özellikleri arasında
- çalışma grupları arasında
- ofis binası ile karmaşık şehir dünyası arasında
- binanın dışı ile içi arasında
- çalışma ile dinlenme arasında
- insanlar ile teknolojiler arasında öneri

3.4.2.1 Akıllı Çalışma Alanı

Akıllı çalışma alanı , çevresel verimlilik için, yapı malzemeleri, bileşenler ve entegre sistem yenilikleri üzerine odaklanmaktadır [40]. Akıllı çalışma alanına yönelik önemli bir araştırma alanı da, gün ışığından faydalanma ve doğal havalandırmanın yeniden sunulması şeklindedir [123].

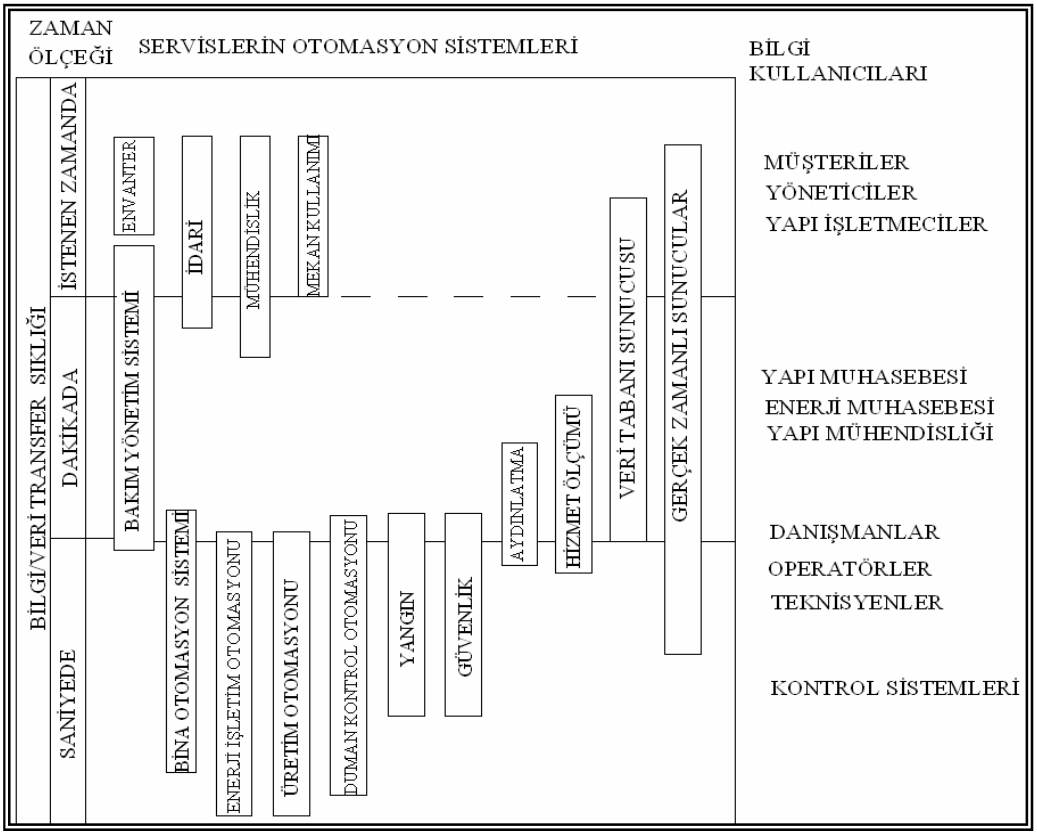
- Çevre ile temasın en üst düzeyde olması:
- Katmanlı, dinamik dış cephe/kabuk
- Pasif havalandırma (ortam ve iş kontrolü ile)

Konfor ve donanım artışının maliyetini düşürmek için, bina performansının bina bütününde optimizasyonu, enerji etkin sistem tasarım ve işletimi, entegrasyon, otomasyona dayalı enerji ve maliyet denetimi önem kazanmakta [48].

3.4.3 Bina Enerji Yönetimi, Otomasyonu ve İşletimi

Bu günlerde, "akıllı bina" terimi, giderek daha popüler bir hal almakta ve sofistike bir bina otomasyon sistemi (BOS), neredeyse her "akıllı bina"nın kalbini oluşturmaktadır [63]. Tesisler için kullanılan otomasyon sistemleri iki kategoriye ayrılmaktadır :

Gerçek-zamanlı : Doğrudan dijital kontrol (DDK/DDC) ve otomasyon sistemleri, güç birimi kontrolleri ve otomasyon sistemi, endüstriyel kontrol sistemleri, online şebeke hizmeti ölçüm sistemleri ve diğer spesifik unsurlar gibi kontroller ve otomasyon sistemleri (şekil 3.20).



Şekil 3.20: Bireysel sistemlerin bilgi transferindeki sıklığı [54]

Veri işleme sistemleri : Bakım yönetim sistemleri, üretim kontrol sistemleri, çeşitli ofis otomasyon sistemleri, mühendislik sistemleri, tasarılandırma ve proje yönetim sistemleri ve diğer spesifik sistemler gibi [117].

Bina otomasyon sistemlerinin (BOS) en temel fonksiyonlarından bir tanesi, enerji yönetimidir. Bireysel, mikroişlemci tabanlı dağıtılmış doğrudan dijital kontrol (DDDC) üretimi, klasik pnömatik kontrol sistemlerinin yerini alarak, kullanıcılar tarafından kabul edilmiştir. Bina işletim konsolu, temel insan-makine ara yüzü haline gelmiş ve tüm programlama, Pascal ya da C gibi yüksek seviyeli bilgisayar dilleri kullanılarak yapılmıştır [63]. Yukarıda belirtilen sistemler, tesis/hizmet yöneticilerine ve sahiplerine, işletme, bakım ve yönetim masraflarını azaltmalarında yardımcı olacak şekilde tasarlanmışlardır.

Üretim kontrol ve bina otomasyon sistemleri, hızlı tarama oranlarında çalışırken, diğer sistem güncellemeleri daha uzun zaman aralıkları ile (dakikalar) yapılmaktadır ya da isteğe göre güncellenebilmektedir. Bu, şebekelerin ve maliyet optimizasyonunun verimli tasarımı açısından önemli bir noktadır [117].

3.4.4 Akıllı Bina Teknolojisinin Uygulanmasındaki Eksikliklerin Sebebi

Mevut akıllı bina teknolojileri ile akıllı bina kavramlarını içeren gerçek bina sayısı arasındaki açık giderek artmaktadır ve bu açığın sebepleri şunlardır [122]:

1- Ticari bina sahipleri ve yaratıcıları arasında akıllı bina kavramı konusundaki bilgi ve anlayış eksikliği.

2- ‘En düşük maliyet’ mantalitesine sahip bina yaratıcılarının, genelde akıllı binaların inşasının ve bakımının masraflı olduğunu düşünmeleri.

3- Akıllı bina teknolojilerini tam anlamıyla anlamamış olmaları. Çok sık olarak, projenin ömrü boyuncaki maliyeti konusunda yeterince bilgilendirilmemeleridir.

Akıllı bina algılanması : kullanıcıların akıllı bir binadan beklentileri ve yüklenicilerin yerine getirebilecekleri arasındaki uyumsuzluklar/eksiklikler. Bu uyumsuzluğun temel sebeplerinden bir tanesi , akıllı binanın, genelde içinde yer alan organizasyonların amaçlarından çok, teknolojileri ile tanımlanmış olmalarından kaynaklanmaktadır [5,124].

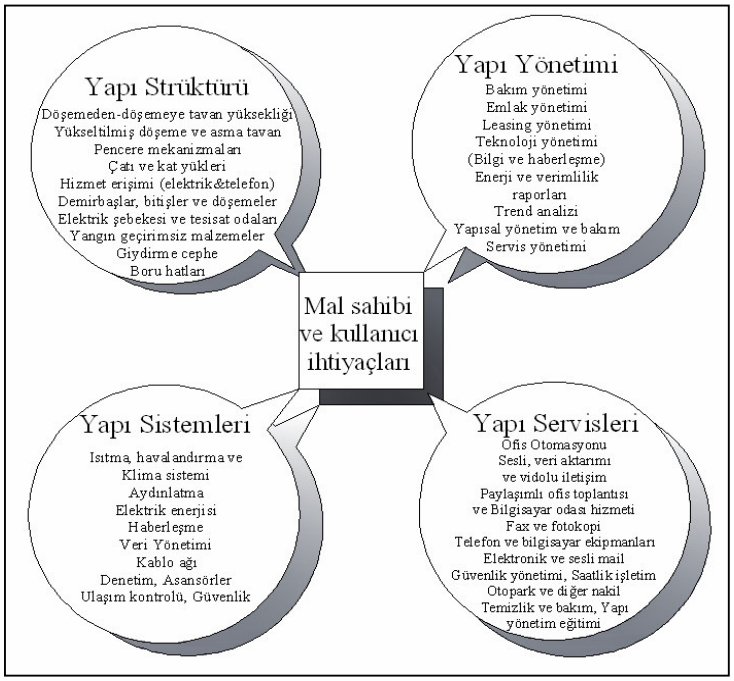
3.5 Akıllı Bina Kavramına Ülkelerdeki Gelişimine Göre Uluslararası Bir Perspektiften Bakılması

Akıllı binaların Japonya'da içinde geliştiği kültür, ABD yada Avrupa'dakilerden belirgin olarak daha farklı olmuştur. Sonuç olarak, yeni sistemler ve prosedürler ile ilgili deneysel çalışmaların ve yeniliklerin büyük kısmı **Japon**ca olmuştur. **ABD**'de, sistemler, kurumsal ofis binalarında paylaşımlı kiracı hizmetleri için büyük ve merkezi sistemler şeklinde ortaya çıkmıştır. **Japon** sistemleri, büyük, merkezi ve talebe göre yapılan sistemlerdir ve ana bilgisayar sistemlerine bağlıdırlar, ve de binadaki mal sahibi kişiler içindir. Diğer yandan, Avrupa'da ise daha ufak sistemlere doğru bir eğilim vardır ve artan eğilim, PC'ler tarafından yönlendirilen dağıtılmış şebekelere doğrudur [103].

Farklı ülkelerde farklı akıllı bina tanımlarından, anlayış farklılıklarını yani ükelerdeki uygulananan örneklerin, sistemlerindeki farklılıklardan ve tanımlardan yola çıkarak ortaya koyabiliriz.

3.5.1 ABD'de IB (Akıllı Bina) Tanımı

ABD'deki Akıllı Bina Enstitüsü (I.B.I.)'ya göre bir akıllı bina, yönetimi ve bağlantıları/karşılıklı ilişkiler aracılığı ile üretken ve düşük maliyetli bir ortam sağlayan binadır [63].



Şekil 3.21: Akıllı bina sistemler bütünü 63]

4 parça arasındaki ilişkinin temel düzenini/gruplaşmasını **Şekil 3.21**'de gösterilmektedir.

3.5.2 Avrupa'daki Akıllı Bina Tanımı

Merkezi İngiltere'de bulunan Avrupa Akıllı Bina Grubu, akıllı binayı, "binada yaşayanların etkinliğini maksimize eden bir ortam yaratırken aynı zamanda en az donanım ve tesis maliyeti ile birlikte kaynakların verimli kullanılmasını sağlayan bina" olarak tanımlamışlardır [63].

3.5.3 Asya'da Kullanılan Akıllı Bina Tanımları

Singapur kamu işleri departmanı, bir akıllı binanın (IB) üç koşulu yerine getirmesi gerektiğini belirtmektedir :

- Bina, içinde yaşayanlar için konforlu bir çalışma ortamı sunmak amacıyla; havalandırma sistemi, ısı, ışık, güvenlik, yangın vs sistemleri dahil olmak üzere çeşitli sistemleri takip etmek için ileri teknolojiye sahip otomatik kontrol sistemlerine sahip olmalıdır.
- Bina, katlar arasında veri akışını sağlamak için iyi bir ağ altyapısına sahip olmalıdır
- Bina, yeterli telekomünikasyon tesislerine sahip olmalıdır.

3.5.4 Çindeki Akıllı Bina Tanımı

Şangay'da, bir akıllı bina 3A ya da 5A olarak sınıflandırılmaya çalışılmaktalar. 3A, binanın, üç otomatik fonksiyona sahip olduğunu gösterir; bunlar : iletişim otomasyonu (CA), ofis otomasyonu (OA) ve bina yönetim otomasyonu (BA). Bu 2A, ve önceki 3A birleşince 5A'yı oluşturmaktadır [63].

3.5.5 Japonya' daki Tanım

Fujiye göre, Japonya'daki akıllı binaların içinde, ABD'dekilerden daha farklı bir sosyal ve ofis ortamı geliştirilmektedir. Japonya'daki akıllı binalar, Japonyanın kültürel şartlarına uygun şekilde tasarlanmak zorundadırlar. Japonya'daki akıllı binalar dört unsur üzerine odaklanmaktadır [125]:

- Bilgi almak ve iletmek ve de yönetim verimliliğini desteklemek amacıyla merkez görevi görmek

- Içinde çalışan insanları tatmin etmek ve onlara kolaylıklar sağlamak.
- Daha düşük maliyetli ve daha özenli idari hizmetler sunmak için bina yönetim rasyonalizasyonu sağlamak
- Değişen sosyolojik ortamlara, çeşitli ve komplike/karmaşık ofis işleri ve aktif iş faaliyetlerine uygun olarak hızlı, esnek ve ekonomik tepkiler verebilmek

Ayrıca Japonya da,, akıllı bina uygulamalarında kullanım sırasında sistemlerin sahip oldukları, aşırı duyarlılıklar, yanlış alarmlar ve çok sık olarak harekete geçirilmeleri sebebi ile kullanıcılar genelde bu sistemleri kapatmaktadırlar, bu tür uygulamalar tanımla çelişmekte ve sistem performansını olumsuz bir biçimde etkilemektedir.

3.5.6 Türkiye'de Akıllı Bina Tanımı

Ülkemizdeki akıllı bina örnekleri üzerine mimarlar ve mühendislerle yapılan görüşmeler birbirinden farklı pek çok yaklaşımı ve tanımı ortaya çıkarmıştır. Doğan Tekeli (Metrocity MileniumTower mimarı) binalarda akıllığı şu şekilde tanımlıyor; "bir karar alabilme ve duruma uyma yeteneğidir" M. Konualp'e (Sabah Tesisleri mimarı) göre akıllık "verilen veya edinilmiş programa göre veya yüklenmiş veya yüklenilmiş performansı yardım almadan kendiliğinden yapmaktır", E. Anıl'a (Ankara Aktif Otel mimarı) gore "binanın kendi kendine bir müdehaleye ihtiyaç duymadan, normal ve rutin çalışmasını sürdürebilme yeteneği", Bektaş C. " akıllı bina kirletmeyen, aynı zamanda kirletmenin karşılığınıda ödeten yapı" olarak tanımlanıyor [95,126,127].

Tüm bu tanımlamalar ışığında akıllılık bina bazında; önceden kullanıcı taleplerine göre belirlenmiş senaryolar çerçevesinde, binaya yüklenmiş yazılım ve otomasyon sistemlerinin desteği ile rutin işlerin otomatiğe bağlanması, beklenmedik durumlarda gerekli güvenlik sistemlerinin devreye girmesi, bina içindeki yada dışındaki bireyler ve elektronik cihazlar arasında iletişim sağlanması olarak tariflenmektedir [128]. Bu anlamda ülkemizde, binalara "akıllı" sıfatının yüklenmesi müteahhitlerin, elektronik ve otomatik control cihazı ticareti ile uğraşanların; yani piyasanın propogandası ile yapılan abartılı ve iddialı bir adlandırmadır.birkaç sensor takılması ile bir binanın akıllı olması yada bu şekilde tanımlanması mümkün değildir. akıllı bir bina için "akıllı tasarım, akıllı tasarımcı, akıllı ve entegre sistemler bütünü ve akıllı bir kullanıcıya" ihtiyaç vardır.

Türkiye'de yaklaşık olarak 1990'ların başından itibaren akıllı bina uygulamalarını görmekteyiz. Ülkemizdeki örnekler incelendiğinde, gerek yurtdışı çalışmaların yeterince irdelenmemiş olması, gerekse ülkemizdeki bilinçsiz tüketim hırsı ile hayatımıza dahil ettiğimiz bu yapıların taşıdıkları sıfatı tam olarak hak etmemektedir [128]. Oysa ülkemizdeki yaklaşımla, yapıda söz edilen sistemlerden yanlız bir tanesinin bulunması akıllılık için yeterli görülmektedir [95,126].

Yapılan analiz va çalışmalar ülkemizdeki akıllı bina üretimi ve tasarımı ile ilgili şu sonuçları ortaya çıkarmıştır [128]:

- Türkiye'de konu dünyadakilere paralel olarak gelişmekte, ancak mevcut tasarım ve üretim süreçleri hızla yeniden yapılandırma gereğini göstermektedir.
- Akıllı bina tasarım ve üretimi şu an için çok yaygın olmadığından sektörde itici bir rakabet ortamı oluşmamıştır. Firmalar proje bazında hareket etmekte, tecrübelerinin geliştiği bu alanda planlı bir yapılandırmaya girmemektedirler.
- Tasarım ve üretim sürecindeki taraflar arasında konunun ve rollerin algılanması önemli farklılıklar gözlenmekte, hatta aynı meslek grubu içinde bile konunun temeliyle ilgili değişik ve zaman zaman birbiriyle çelişen görüşler ortaya çıkmaktadır.
- Akıllı binaların sektörde yaygın bir şekilde sadece otomasyon projesi olarak algılanması, mimari tasarımın akıllığa katkısının düşünülmemesi konunun dünyada ve Türkiye'de yeni gelişmekte oluşuna bağlanabilir.
- Akıllı bina tasarım ve üretimini yönlendirebilecek yasal bir çerçevenin olmaması konuyu daha karmaşık hale getirmektedir. Bu konuda gereken yönetmelik ve süreçlerin tanımlanması/hazırlaması sektördeki gelişimin sağlığı açısından önemlidir.
- Akıllı bina projelerinin tanımından gelen kompleks, çok taraflı ve yoğun tasarım süreci bu konuda eğitilmiş mimar ve mühendislere ihtiyaç oluşturmaktadır.
- Türkiye uluslararsı inşaat sektöründe rekabet gücünü korumak ve Avrupa Birliiği ile entegrasyon sürecinde ulusal pazarında uygun payını alabilmek için bu konuda gerekli sektörel, yasal ve eğitimsel önlemler alınmalıdır.

3.6 Farklı Ülke Tanımlarındaki Değişim ve Farklılıkların Karşılaştırılması

Asya için yeni akıllı bina tanımı: Japonya'da kullanılan akıllı bina tanımının, akıllı binalar için temelde Asya'ya yönelik olmak üzere, evrensel bir tanım sağlamak anlamında daha uygun olduğu düşünülmektedir, ancak bu tüm dünyaya da uygulanabilir. Akıllı binaları tanımlamak için iki seviyeli bir strateji önerilmiştir. Sekiz adet "kaliteli ortam modülü" vardır. Bunlar aşağıdakileri içerir [63]:

i. Çevre dostu – sağlık koruma ve enerji tasarrufu (Ml)
ii. Mekan kullanımı ve esneklik (M2)
iii. Bina ömrü (yaşam dönemi) maliyetlemesi- işletim ve bakım (M3)
iv. Insan konforu (M4)
v. Çalışma verimliliği (M5)
vi. güvenlik - yangın, deprem, doğal felaket (M6)
vii. kültür (M7)
viii. yüksek teknoloji imajı (M9)

Bu sekiz modülün tamamı, tanımın ilk seviyesini oluşturmaktadır. İkinci seviyede, bir dizi hizmetler ve ana unsurlar vardır. Bu sekiz temel modülün her birisi, uygun öncelik sıralamasına uygun olarak, bir dizi tesis ile bağlantılandırılır.

- Japonya'da akıllı binaların inşasını etkileyen önemli bir faktör, ofis alanlarının azlığıdır. Japonlar, yüksek teknolojiye sahip binaların, mekan problemlerini çözerken yaşam kalitesini de arttıracağını öngörmektedirler.
- Japonların akıllı binalar ile olan tecrübelerini ABD'deki tecrübeler ile karşılaştırırken, ekonomik ve kültürel faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu iki ülke arasındaki diğer farklılıklar ise şunlardır [124]:
  - Şehir merkezlerindeki arazi fiyatları
  - Kültürel farklılıklar
  - Farklı ofis tasarım prensipleri
  - Boş ofis alanı azlığı

ABD ve Japonya'daki akıllı binalar arasındaki temel farklılıklardan bir tanesi de, Japonların, yeni teknolojileri, çıkar çıkmaz binalara uygulamalarıdır. ABD'de,

çalışma yeri tasarımı, açık ofis planlaması ve ofis otomasyonu ofis eşyası/mobilyası temellidir. Çoğu Japon binasında ise, eşyalar, önemli bir tasarım unsuru olarak görülmemektedir.

Farklı ülkeler, bina zekasını farklı şekilde tanımlamışlardır:

- ABD: en önemli özellik : binada yaşayanlara fayda sağlaması için hizmet sistemlerinin ara-bağlantılar ile bağlanması.
- Avrupa: sistemler ve duyarlı/tepki verebilen yapı elemanları arasında etkileşim bilgi teknolojileri ve kullanıcı ihtiyaçları ön plandadır .
- Japonya: Organizasyon ve kontrol anlamında binaların yeteneklerini arttırmak amacıyla veri/bilgi transferine yönelik yeni ve ileri teknolojilerin kullanımı yaygındır.
- İngiltere'deki tanımlama bireylerin gereksinimlerine odaklanırken, ABD'deki tanımlama ise, daha çok teknolojiler üzerine odaklanmaktadır
- Türkiye' deki akıllı bina uygulamalarında teknolojik uygulamalardaki yetersizliklerin yanı sıra belirli bir tasarım anlayışının ve tanımın eksikliğinin yol açtığı uygulamalar görülmektedir. Bina daki teknolojik sistemlerin yapının akıllı olması için tek ve yeterli koşul olduğu anlayışı uygulamalrın en belirgin özelliğidir.

3.7 Akıllı Binalarda Enerji Analizi Ve Tasarım Süreci Boyunca Simülasyon Programlarının Kullanmı (Akıllı Binaları Değerlendirme Aracı Olarak Simülasyon Programlarının Değerlendirilmesi)

İdeal olarak, enerji analizi, tasarım aşamasında, yapım sırasında ve binanın ömrü boyunca devam etmeli ve yapının performansı sürekli olarak denetlenebilmelidir ve gerektiğinde geri besleme yapılarak ihtiyaç duyulan iyileştirmeler yapılabilmelidir.

Çevreye duyarlı binaların yapılabilmesi ve bu tür binaların performansının denetiminde yardımcı olmak üzere çeşitli "performans değrlendirme araçları" geliştirilmiştir. Pek çok analiz programı sadece bir parametreyi baz alarak hesaplama yapmaktadır. birden fazla parametreyi değerlendirebilecek bir tablo oluşturabilmek için tasarımcı çeşitli analitik araçlarını bir arada kullanak zorundadır.

Bir yapının ihtiyacı olan enerji yanlızca HVAC, aydınlatma sistemleri yada kabuk bileşenlerinin tekil performansıyla değil aynı zamanda bütün bu bileşenlerin entegre bir sistem olarak toplam performansına bağlıdır.

Performans değerlendirmelerinde kullanılan simülasyon programlarının karmaşık bir sistemin basite indirgenmiş bir modelini ortaya koymak ve orjinal sistemin davranışını tahmin edip analizini gerçekleştirmek üzere kullanılan bir model kullanım süreci olduğu tanımından yola çıkarak; bu tür uygulamalarla elde ettiğimiz sonuçların enerji etkin binaların en gelişmiş aşaması olarak görülen akıllı bir bina için ne kadar yeterli olduğu konusu tartışmaya açıktır.

Bir diğer tartışılması gereken ise Marsh (1997)'a gore, bina tasarımcılarının ihtiyaçlarının, tesisat mühendislerininkilerden oldukça farklılık göstermesi ve var olan tüm tasarım ve performans analizi programlarının da yapı tasarımcısının bu tür ihtiyaçlarına neredeyse hiç cevap vermediğidir.

Tasarım ve detaylı bir simülasyon aracı olarak tanımlanan bu tür programlar manual hesaplama yöntemlerden analiz yazılımlarına kadar çok geniş bir teknik alanda kullanılmaktadırlar (tablo 3.9). Deneyimlerle bu tür modellerin içinde sadece bir kaçının zaman içinde varlığını sürdürebildiğini, pek çoğunun kullanılmaz hale gelirken bazı sürümlerin yerini yenilerinin aldığı gözenmektedir.

Geçtiğimiz on yıl içinde bina enerji simülasyonu ve tasarım araçlarının değerlendirilmesine ve geçerliliğine yönelik bazı araştırmaların gerçekleştirildiği, ve bu değerlendirme çalışmalarında, mevcut programların kısıtlarını ve en doğru uygulamalarını belirlemek için, yok denecek kadar az çalışmanın gerçekleştirildiğini düşünecek olursak bu tür programların bize çok da net yada doğru bilgiler sunup sunmadığı konusunda tereddüt duyabiliriz. Neredeyse tüm detaylı simülasyon araçlarının kullanım zorluğu, ciddi bazı hatalar içermesi, kesin değerlendirme gerçekleştirememeleri ve eksikleri, tasarımcıların neden detaylı enerji simülasyonunda kendilerinden emin olmadıkları görülmektedir [42]. Buna göre simülasyon programlarının eksiklerini sıralayacak olursak:

- Program girdisi geniş ve bilimsel olarak oldukça detaylıdır. Tasarımın erken aşamalarında henüz elde edilmemiş veriler, analizi gerçekleştirirken varsayılmak zorunda kalmaktadır.

- Program kullanıcının kafasını karıştıran bir çok çıktı içermrktedir. Buna göre sonuçların anlaşılıp yorumlanması oldukçazorlaşmaktadır.
- Yazılım belirli ihtiyaçlarla kolayca örtüşebilen programlamayı gerçekleştirecek esnekliği kullanıcıya sağlamamakadır.
- Programın geçerliliği ve akreditasyonu düşünülmemiştir. Kullanıcılar hangi programın daha iyi sonuç verebileceği konusunda kararsız ve kuşkucudurlar.

Tablo 3.9: Simülasyon araçları kullanım alanı ve işlevleri

Simülasyon araçlarının işlevi	**Simülasyon araçlarının kullanım alanları**
■ Tasarım seçeneklerini değerlendirmek ve tasarım optimizasyonunu araştırmak ■ Yeni fikirlerin araştırılmasına olanak sağlamak ■ Bina enerji yönetmeliklerine uygunluğunu sağlamak ve denetlemek ■ Enerji korunumu önlemlerinin etkisini belirlemek üzere ekonomik analizleri gerçekleştirebilmek	■ Aydınlatma analizi ve simülasyonu ■ Güneş ve gölgeleme analizi ■ Maliyet analizi ve standartlara uyum ■ Akustik performans analizi ■ Isıl performans analizi ■ Akışkan dinamiği analizi ■ Kabuk performansı analizi ■ Yeşil bina tasarımı ve sürdürülebilirlik

Diğer yandan, her ne kadar simülasyon metodları, bilgisayar programlarındaki objektif ve subjektif ortamlara dayanarak, bina ömründeki çeşitli şartları kullanarak, derecelendirme metodlarına göre daha güvenilir sonuçlar ortaya koysa da, akıllı bina değerlendirmesini yapmak için günümüzde kapsamlı bir simülasyon aracı mevcut değildir. Bunun aksine, popüler simülasyon yaklaşımları, temel olarak, ısıl ortam ya da akustik ortam gibi bina performansının sadece bir bölümüne odaklanmaktadır ve binalardaki toplam çevrenin eksiksiz performans simülasyonlarına yönelik bir araç geliştirmek çok zor bir iştir. Bu bağlamda, bina performans değerlendirmesine yönelik olarak derecelendirme sistemleri geniş ölçüde kabul görmüştür ve simülasyon metodu genelde bina tasarımına yönelik olarak kullanılmaktadır. Gerçek ve geçerli bir değerlendirme aracı olarak akıllı bina değerlendirme metodlarının uygulanması gerekir, ki bunun yapılabilmesi için önce istenen doğru kriterlerin belirlenmesi ve veri işleme sürecinin sonuçlandırılması aşamasında elde edilenlerin tatmin edici ve yönlendirici olması gerekir.

4. AKILLI BİNA DEĞERLENDİRME METODLARI

Akıllı bir bina, üç ana unsuruna – insanlar (bina sahipleri; binada yaşayanlar; ziyaretçiler, vs); ürünler (materyaller; bina; tesisleri; ekipmanlar; hizmetler) ve süreçler (otomasyon, kontrol sistemleri, bakım, performans değerlendirmesi) ve bunların kendi arasındaki ilişkilere dayanan optimizasyonlar aracılığı ile üretken ve düşük maliyetli bir ortam sunan binadır [129]. Bu tür binaları içeren projelerin sergilenmesi, (ABD, Kanada, Japonya, İngiltere ve Almanya gibi) gelişmiş ülkelerde bir imar trendi olarak giderek popüler hale gelmektedir. Yapma çevre içindeki ileri düzey yapı teknolojilerinin gelişiminin doğal bir aşamasıda, mümkün olduğunca çok çeşitli çevresel ve enerji-esaslı kritere göre bina performansını ölçmeye yönelik bir metodun geliştirilmesidir [37].

Ancak,bugüne kadar, akıllı binalara yönelik değerlendirme modelleri üzerinde sistematik bir araştırma yapılmamıştır. Mevcut çalışmaların büyük bir kısmı, bulgularını bilgi teknolojileri perspektifinden elde etmişler ve binanın mimarisi ve bilgi teknolojilerinin gereklilikleri de dahil olmak üzere, entegre bir yaklaşımın parçası olarak, tüm faktörleri hesaba katmamışlardır [112]. Yakın zamandaki gelişmeler ışığında, binaların toplam performanslarını değerlendirmeye yönelik metodların kullanım alanları ve kısıtlamaları, bu çalışmanın ana konusu olmuştur.

Bu bina değerlendirme sistemleri arasında, Akıllı Bina değerlendirmesine yönelik pek çok derecelendirme metodu vardır, ve bunun yanı sıra geliştirme aşamasında olan diğer bazı yeni derecelendirme sistemleri de mevcuttur.

Performans gereklilikleri ve standartları, uzun yıllar boyunca tasarım ve üretim süreçlerinin ayrılmaz bir parçası olmuşlardır [130]. Ve yapılan pek çok araştırma, akıllı bina teknolojisinin gelişimi ve akıllı binaların performans değerlendirmesi üzerine odaklanmıştır. Ancak, akıllı bina geliştirme sürecinin kavramsal aşamasında, yatırım kararlarının alınması anlamında yetersiz bilgi ve destek söz konusudur 59].

“Performans kavramı, önümüzdeki on yıl içerisinde, emlak ve binalar için en önemli gelişme olacaktır. Performans yaklaşımının iki temel unsuru ölçüm ve

değerlendirmedir. **1.ölçüm aşaması**, gerekli standartların belirlenmesi ve seçimi yapılır**. 2.değerlendirme aşaması**, gerçek bulgular ile optimum standartların karşılaştırılması yapılır. Seçilmiş olan performans kriterleri, bu tür bir değerlendirme düşünüldüğünde bir ölçüt teşkil etmektedir. [130].

Tablo 4.1: Akıllı bina değerlendirme metodlarının hiyerarşik gelişiminin bir özeti

Akıllı bina performans değerlendirme metodları		
Yıl	Araştıran kurum	Değerlendirme metodlarının detayları
1983	DEGW	Orbit 1: Çok-kullanıcılı (bina kullanım çalışmaları)
1985	DEWG	Orbit 2: Bina, içinde yer alan organizasyonlar ve IT (bilgi teknolojileri) arasında karşılaştırmanın derecesi (dokuz temel organizasyonel ve sekiz adet IT konusunu kullanarak)
1988	Carnagie Mellon Üniversitesi	Kalitenin, memnuniyetin ve verimliliğin ölçümü yapılır (altı adet performans kriteri ve beş adet sistem entegrasyon kriterini kullanır)
1991	Kuala Lumpur Belediyesi	Ofis yapılarının özelliklerini belirlerken yerleşim yeri, tasarım, sistemler ve servisler esas alınarak oluşturulan ilkeler (altı-yıldız, beş-yıldız ve dört-yıldız)
1992	Akıllı Bina Araştırma Grubu	Bina IQ derecelendirme metodu: ihtiyaçlar göz önüne alınarak (maddeler: 10 adet kişisel kullanıcı için, 15 adet organizasyon için, 6 adet yerel çevre için, ve 5 adet global çevre için)
1992	Avrupa Projesi içinde akıllı bina	Akıllı bina derecelendirme: bina kabuğu karekteristiği, servisler ve uygulamalaresas alan temel sorular (yayınlanmamıştır)
1992-1994	Hollanda, Yeni Zellanda ve Kanada	Üç değerlendirme motodunun geliştirilmesiyle, farklı kullanıcı tipleri için sürdürülebilirlik ve binaların kalitesini değerlendirmek için yapılmış bir metod: emlak tipi, bina kalite değerlendirmesi, serviste bulunan araçlar ve metodlar)
1995	DEWG	Bina derecelendirme metodu: beş bölümü kapsar (A-E) içerdikleri isimler (A) yapı konumu/yerleşimi (7 madde), (B) yapı cephe kaplamalsrı konuları (14 madde), (C) yapı kabuğu konuları (3 madde), (D) organizasyonel ve çalışma süreci konuları (11 madde) ve (E) bina servisleri ve teknoloji konuları (12 madde); bütün maddeler bağlamında ortalama skorun belirlendiği bir metod
1997	Arkin ve Paicuk	Sistemlerin entegrasyonunun önemi: akıllı binalardaki sistemlerin entegrasyon seviyesinin belirlenmesi. "MSI" entegrasyonların çeşitli yönlerini özetleyen ve miktarını belirleyen objektif indeks olarak kullanılır (eşitlik (1)). Yapı içindeki çeşitli sistemlerin entegrasyon özelliklerine

1998	Harrison	dayandırılan bütün sınıflamaların toplamının ve sonrasında varolan sistemlerin sayısının toplamına bölümünden elde edilen basit bir kümülatif indeks. (1) $\mathbf{MSI} = \frac{\sum_{i=1}^{NS} R_i}{NS}$ Bina derecelendirme metodu (Matris sonucu): DEGW (1995) tarafından yapılandırılan bina derecelendirme metodu esas alınmış ve kategorilerin iki bölüm üzerinden (A-B/C, D-E) değerlendirilmesi şeklinde gösterilmiştir. Kategorilerin ,herbir parçasının yüzde ve dairel oran olarak ölçülendirilmesinde bina performansını gösterilmesi dikkate alınır.
2002	Preiser ve Schramm	Kullanım-sonrası değerlendirme süreci modeli (POE): üç aşamalı süreç modeli şunları içerir: ■ Birinci aşama: kullanıcı, performans kriterleri ve bilgi toplama sürecinin planlanmasıyla ilişkili olarak POE nin planlanması ■ ikinci aşama: POE nin kapsadığı metodların ve araçların idaresi-veri toplanmasına başlanması, toplanan verilerin görüntülenme si ve verilerin analizi ■ üçüncü aşama: POE de sonuçların rapor edilmesi, önerilen davranışlar ve sonuçların gözden geçirilmesinin uygulanması
2002	So ve Wong (AIIB)	Akıllı bina indeksi (IBI): akıllı bina için, dokuz adet "kalite çevre modülü" nü (M1-M9) esas alan, nicel değerlendirme metodudur.

Son yıllarda, bina performansı alanında bir dizi ilgi çekici gelişme yaşanmıştır. BRE; yakın zamanda yayınlanması beklenen, bilgisayarlı bir bina performansı ve kullanım-sırasındaki-maliyetler modeli geliştirmektedir. ABD'de bulunan çeşitli üniversiteler, son yıllarda, faydalı birer bina değerlendirme tekniği olarak, kullanım-sonrası değerlendirmesi (POE) ve ORBIT 2.1'yi geliştirmişlerdir ; bu, bina ilk kullanıma başlandıktan en az altı ay sonra gerçekleştirilen kullanıcı-temelli bir tekniktir.

Bir derecelendirme sistemi olmadan, akıllı binaların zeka seviyelerini sınıflandırmak ve onaylamak zordur. Bu sebeple, akıllı binalara yönelik değerlendirme sistemleri geliştirmeye çalışan pek çok çalışma yapılmıştır (tablo 4.1). Bina zeka seviyesinin belirlenmesinin yanı sıra, doğru performans kriterlerinin ne oldukları ve onları kimin belirlediği konusunun da netleştirilmesi gerekmektedir.

Doğru bilginin altındaki mantığı ortaya çıkartarak, bunu yapılandırılmış bir model halinde açık bir şekilde ifade ederek, karmaşık karar verme problemlerini çözmek için kullanılan bir sistem olarak KBS (knowledge based system); akıllı bina teknolojilerinin seçimi, değerlendirmesi ve karşılaştırması süreçleri için oldukça uygundur [5,64]. Bu değerlendirme metodolojisi, bina zekasının tek bir yönünün değerlendirilmesi ve karşılaştırılması ve akıllı binalarda sistemin entegrasyonu için bütünlük sahibi bir endeks oluşturmak için kullanılabilir**.**

4.1 Akıllı Bina Değerlendirme Metodlarının İncelenmesi

Yeni akıllı bina teknolojilerinde, karar verme süreci ile bağlantılı olan problemler ile karşılaşılmıştır. Bunun temel nedeni bilgi eksikliği ortaya konulmuş ortak bir değerlendirme kriterlerinin bulunmayışıdır.

Ortak bir tanımın oluşturulamamış olması ve belirlenmesi gereken kriter kümesinin her tanımda farklılık göstermesi, akıllı bina değerlendirme metodlarınında farklılık göstermesine neden olmuştur. Bu metodların gelişim süreci içindeki birbirini takip eden bir değerlendirme aracı olarak görülememelerinin en büyük nedeni ise metodlardaki sayısal yada kullanıcı esaslı değerlendirme özelliklerinin baz alınmasıdır. Sonuçların birbirinden ne kadar farklı olduğunu ve hatta çoğu metodun değerlendirme süreci sonunda çıktı olarak sunduğu verilerin güvenilirlikten çok uzak hatta yanıltıcı ve çelişen bilgilerden oluşmakta olduğu net bir biçimde görülebilir.

İşte bu nedenle metodların özelliklerinin, değerlendirme süreci işleyişinin, baz alınan veri işleme sürecinin ve çıktıların istenenlere yanıt verebilme özelliklerinin bilinmesi gerekir. Doğru bir karşılaştırmanın yapılabilmesi ve geçerli bir yaklaşımın oluşturulabilmesi ancak bu incelemenin ışığında oluşturulabilir.

4.1.1 Orbit 1-2

ORBIT 1-2 çalışması, yeni teknolojinin, İngiltere'deki ofislerin tasarımı üzerindeki etkisini açıklamakta ve önümüzdeki on yılda bunun nasıl artacağını belirtmektedir. Bu çalışma, mevcut ve önerilen binaları değerlendirmek için uzman-temelli bir yöntem geliştirmiştir ve farklı yaşlara, boyutlara, şekillere, yükseklikere ve plan tülerine sahip olan ve çok değişik organizasyonel türler ve fonksiyonlar tarafından işgal edilmiş olan ofis binalarına uygulamıştır. Burada amaç, binaların, içinde yaşayanların ihtiyaçlarını ne ölçüde karşılayabildiğini görmektir [130,131]. Bu metod tasarım geri beslemesinde

de önemli rol oynamakta olup, bunların seçimi, yapılacak değerlendirmenin amacına göre belirlenir (tablo 4.2).

Tablo 4.2: Orbit 2- 17 temel konu

Dokuz temel organizasyon konusu	**Sekiz temel teknoloji konusu**
1.Toplam personel miktarındaki değişim	10. Ekipmanların bağlantısı
1. Çalışma gücünün cazip hale getirilmesi/korunması	11. Kabloların konumunun değiştirilmesi
2. İlşetişimin hiyerarşisi, durumu ve gücü	12.Çervesel olarak ihtiyaç duyulan ekipmanlar
3. Personelin yerleştirilmesi	13. Donanım işleyişlerinin korunumu
4. Resmi olmayan etkileşimin en üst düzeye çıkarılması	14. Enerji talebi
5. Çevreleyen ortam içindeki insan faktörleri	15.Isı üreten ekipmanların tekrar yerleştirilmesi
6. Dıştaki imaj	16. İnsan faktörü; çalışma istasyonları
7. Dışarda güvenlik	17.Dşardan gelen yada dışarıyla yapılan haberleşme
İçerde güvenlik	

4.1.1.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları

Tasarım geri beslemasinde yardımcı

Seçim yapılacak değerlendirmeler amacına göre belirlenmiştir

Kullanıcı ihtiyaçları ve istekleri önemli bir kriterdir

Sistem entegrasyonu değerlendirmeye dahil değildir

Yapıların ekolojik olarak değerlendirmesini sağlayacak hiç bir pasif sistem alt başlığı yoktur

Tasarım, planlama, işletim ve süreçlerin entegrasyonu yoktur

Maliyet durum değerlendirmesi yapılamaz. Sadece enerji talabi göz önünde tutulmaktadır.

4.1.2 MSIR İndeksi Metodu

Akıllı bina sistemleri arasındaki entegrasyon seviyesini ölçmek için MSI endeksi kullanılmaktadır. Bu metod, yapı içindeki çeşitli sistemlerin entegrasyon özelliklerine dayandırılan bütün sınıflamaların toplamının, varolan sistemlerin sayısına bölümünden elde edilen basit bir kümülatif indeksten oluşmaktadır. Bina fonksiyonu

iki ana gruba ayrılmakta: akıllı bina fonksiyonlarının sınıflandırılması şematik olarak Şekil 4.1 de gösterilen sistem kontrol hiyerarşisini takip etmektedir [62].

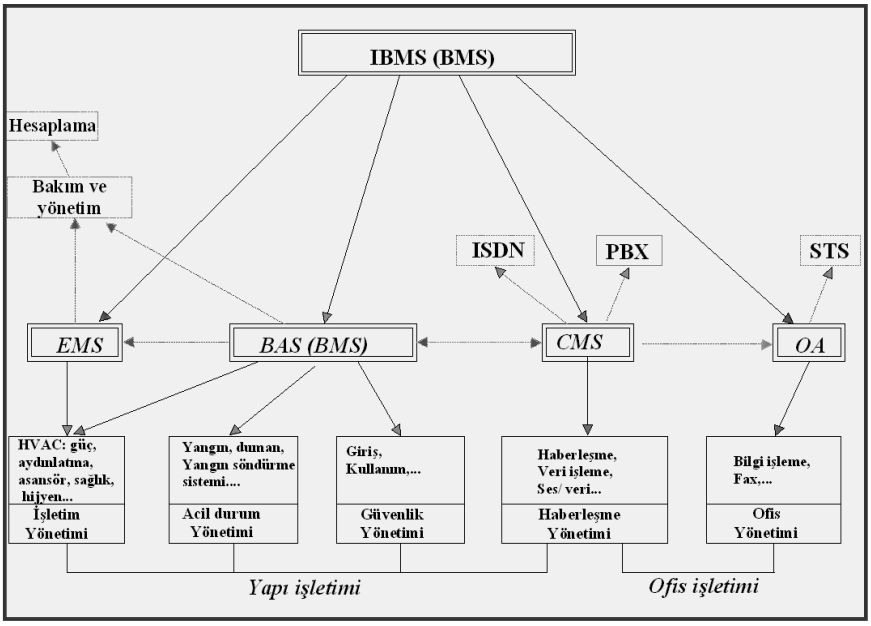
1.Gurup: BAS (HVAC,aydınlatma… kontrolleri) ve EMS (enerji yönetim sistemi) işletim maliyetlerini en aza indirebilmek için enerji tüketen sistemler arasındaki koordinasyonun sağlanması

2.Gurup ofis otomasyonu ve kominikasyon/iletişim yönetim sistemlerinden oluşmaktadır (CMS). CMS'nin iki sorumluluğu var:

I. Son-nokta ve kontrolörler arasında control-bağlantılı iletişimi/komunikasyonun sağlanması.

II. Dışarıyla geleneksel iletişim/komunikasyonun sağlanması

Sistem entegrasyounu ölçmek için bir endeks geliştirilmesi: Sistemlerin entegrasyonu, entegrasyonun seviyesine ve diğer spesifik özelliklere göre on-puanlık bir skala kullanılarak sayısallaştırılmaktadır.



Şekil 4.1: Bina kontrol ve entegrasyon hiyerarşisi [62]

Kontrol sistemleri, manuel ya da otomatik olarak ve reaktif/durum sırasında gerçekleşen ya da önceden tahmin eden şeklinde sınıflandırılabilmektedir.

Otomatik reaktif kontrol, geri besleme orantısal ve entegre kontrolü içermektedir; otomatik tahmin edici kontrol ise, sistemi önceden çalışmak üzere hazırlamak amacıyla zaman ayarlayıcılar ve optimize ediciler içermektedir; manuel tahmin edici

kontrol, gece soğutması için bir pencere açmayı ya da konrolörün programını değiştirmeyi içerir; ve manuel reaktif kontrol ise, ışık düğmelerini, pencere storlarını ya da pencereleri açıp kapamayı içerir. Merkezi akıllı bina, pek çok değişime etkili biçimde cevap veremezken, merkezi olmayan kontrol, ortamın belirli alanlar bazında/zonlarda yönetilmesini sağlar [5].

Arkin ve Paciuk'a göre, pek çok akıllı bina üç sistem entegrasyon seviyesinden oluşur, bunlar :

- Normal ve acil durum bina operasyonları ve iletişim yönetimi ile ilgili çeşitli özelliklerin sağlanması ile ilgili olan en üst seviye;
- Akıllı bina alt sistemlerini kontrol ve koordine eden ve yöneten ve bina otomasyon sistemi (BAS), enerji yönetim sistemi (EMS), iletişim yönetim sistemi (CMS) ve ofis otomasyon sistemi (OA) tarafından gerçekleştirilen orta seviye.
- Isıtma, havalandırma, ve klima (HVAC) sistemleri, aydınlatma sistemi, yangın güvenlik sistemi, dikey taşıma sistemi, güvenlik sistemi ve iletişim sistemi gibi alt sistemleri içeren en alt seviye.

Tablo 4.3: Akıllı bina içindeki sistem ilişkisi

MSI	Sistem entegrasyonunun büyüklüğü
MSIR	Entegrasyonun ölçümü için normalize edilmiş indeks
NS	Yapı içindeki mevcut servis sitemlerinin sayısı $\mathrm{MSI} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{\mathrm{NS}}$ $\mathrm{MSIR} = 10 \times \frac{\mathrm{MSI}}{\mathrm{MSI_{ref}}}$
R	Servis sistemlerinin entegrasyon özelliklerine bağlanan derecelendirme (tablo 4.4'de söz edilen)

Sistem entegrasyonunun derecesini değerlendirebilmek için, Arkin and Paciuk [77], bazı mevcut binalarda sistemlerin entegrasyonunu değerlendirmek ve karşılaştırmak amacıyla basit bir indeks (MSIR) önerilmiştir (tablo 4.3-4.4) [132].

Tablo 4.4: Akıllı bina da sistem entegrasyonu için ölçek örnekleri

Seviye	Entegrasyon Türü	Özelliği, Tanımı ve Örnekler	Derece
5	Entegrasyonu olmayan		1
4	Tek yönlü	Geri beslemesiz, güvenlik kodları	2
3	Farklı sistem arayüzleri	Gelişmiş duman kontrolü; PBX, LAN	3
		diğer modern özelleşmiş kontroller,	4
		akıllı yapı elemanlarıyla entegrasyon	5
2	BAS, EMS, CMS, OA	OA, STS	6
		BAS, EMS, CMS, etc	7
		yukardaki artı bakım ve hesap, akıllı strüktürel elemanların entegrsyonu, bireysel çevre	8
1	IBMS	Kısmi IBMS	9
		Tam IBMS, bakım-hesap ve akıllı strüktrel elemanları içerir	10

Bina ömrü maliyetlemesi, ve MSIR endeksi metodu iyi tanımlanmış metodlardır; Bilgi Temelli Sistem (KBS) geliştirmek için araştırmanın, kural-temelli tekniği benimsemesi daha doğrudur [64].

4.1.2.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları

- İşletim maliyeti analizi yapılabilmektedir.
- Enerji tüketen sistemler arasındaki koordinasyon seviyesi belirlenebilmektedir.
- Sistemler ve alt sistemler arasında hiyerarşinin etkinliği analiz edilebilir.
- Sistemler arasında geri besleme vardır.
- Tasarım ve planlama kriterleri yer almaz
- Yapı zekasını sistemle bütünleştiren veri işleme ve durum değerlendirme yeteneğine sahiptir.
- Yapı bileşenlerinin sistem entegrasyonu ve performansı ölçülebilir.
- Kültür ve çevre kriterleri yer almaz
- Yapı zekasının ölçümü için bir kriter yer almaz.

4.1.3 LCC Metodu

Akıllı binalarda, tasarım ve inşaat opsiyonlarının analizi ile birlikte kullanılabilecek bir diğer değerlendirme metodu da LCC'dir (Ekonomik faydaları değerlendirmek için Yaşam Göngüsü Maliyeti/maliyetlemesi analizi) [64].

Binaların değerleri, onların ömür/yaşam dönemi-maliyetlerine ve faydalarına göre değişmektedir. Tabi ki, farklı tasarımlar farklı faydalar ve maliyetler getirecektir [63]. LCC analizi, tasarım alternatiflerini değerlendirmek için kullanılır – mülkiyet maliyeti – tüm ekonomik tasarım alternatiflerinin değerlendirilmesinden sonra optimum tasarım kararlarının belirlenmesi – bir binanın tamamına ya da herhangi bir bina bileşenine uygulanabilir.

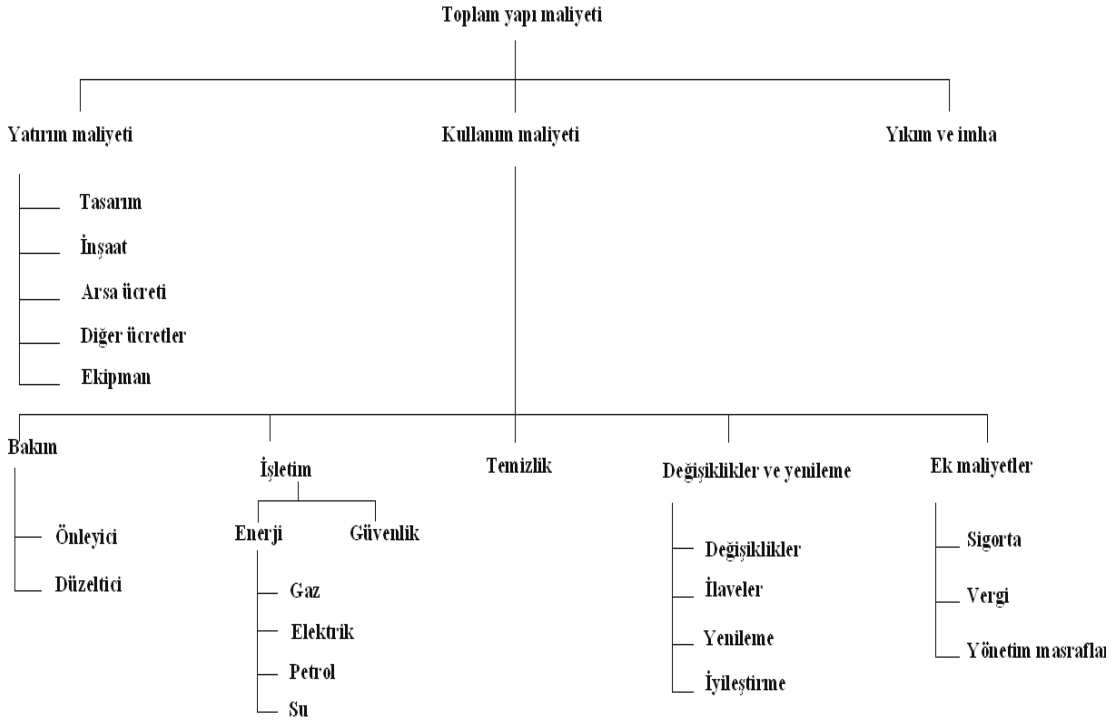
LCC'de dikkate alınan bileşenler Şekil 4.2'de listelenmiştir, sermaye maliyeti, bakım maliyeti, işletme maliyeti ve yıkım maliyeti ile ilgili LCC parçaları/bileşenleri. LCC'nin kritik yönü, binanın ya da parçalarının çalışmaya devam edeceği düşünülen değerlendirme periyodunun belirlenmesidir. Tesislerin maliyet optimizasyonu aşağıdaki prensiplere dayanmaktadır [117]:

- Optimum mekan değelendirmesi
- İdari masrafların/giderlerin azaltılması
- Mühendislik ve geliştirme maliyetlerinin azaltılması
- Enerji maliyetlerinin optimizasyonu (hem üretim hem kullanım)
- Bakım maliyetlerinin azaltılması
- Bina sistemlerinin işletim optimizasyonu
- Güç birimi otomasyonu işletimi
- Üretimin otomasyonu
- Tesis veri yönetimi; aynı şebeke üzerinde birbirine ara yüzlenmiş olan tesis sistemleri tarafından sağlanan verilerin analizi

LCC'in işleyiş:

- Maliyet çalışmaları için tasarım alternatiflerinin seçimi
- Çalışılan herbir seçenek için faktörlere karar vermek
- Her bir alternatif için yatırım ve kullanım maliyetlerini belirlemek

- Fonksiyon kalite ve diğer bileşenleri dikkate alarak nihai tasarım sonucunun seçimi



Şekil 4.2: Ofis binaları için LCC maliyet bileşenleri [144]

Sistemin işleyiş şeklinden de anlaşılacağı gibi maliyet etkin kriterlere uygun sistem seçimlerinin yapılması akıllı binalar için tüm yaşam dönemi boyunca dikkate alınması gereken temel unsurlardan birini oluşturmaktadır.

4.1.3.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları

- Tasarım analizinin yapılabilmesine olanak sağlar
- Maliyet etkin ve optimum tasarım kararlarının alınmasına yarar
- Yapının tüm bileşenlerine yada sadece bir bileşenine uygulanabilir
- Süreç analizi yapılamaz
- Kapsamlı bir değerlendirme sadece maliyet anlamında yapılabilir
- Çevre analizine ilişkin hiç bir parametre yer almaz
- Sistem yeda yapı zekasının maliyet ilişkisi yoktur
- Kullanıcı ihtiyaçları maliyet analizi sürecinde yer almaz

4.1.4 Akıllı Bina IQ Derecelendirme metodu

Yapı Zekasının Ölçümü, derecelendirme metodlarında yapı zekasının bilinen tanımları esas alınmıştır. Zekanın nasıl ölçüleceği ise, tam olarak yapı zekasının nasıl tanımlandığına bağlıdır [60].

- Carlini, ofis binalarının zekalarını ölçmek için "zeka katsayısı"nı (IAQ) tanımlamıştır ve ofis binası zekasını beş kategoriye ayırmıştır.
- Klein'in yaptığı sınıflandırma ise, binada yaşayan kişilere sunulan hizmetleri vurgulamaktadır. Carlini ve Atkin, kullanılan teknoloji türlerine göre bina fonksiyonlarını ayırmaktadır: bina otomasyonu, bilgi işlem, ve iletişim.

IQ- sitili derecelendirme metodolojisi David Boyd ve Ljubomir Jankovic tarafından 1992 de , Birmingham Polytechnic te Akıllı Bina Araştırma Grubu, geliştirilmiştir.

ABSIC'nin toplam bina performans değerlendirme aracı ve Bina Araştırma Kurumunun çevresel değerlendirme metodu (BREEAM), Boyd ve Jankovic bir dizi kullanıcı ihtiyacı, organizasyon/bina sahibi ihtiyacı ve yerel ve global çevresel ihtiyaçların bir kombinasyonunu değerlendiren bir IQ değerlendirme sistemi önermişlerdir (tablo 4.5- 4.6) [60].

Tablo 4.5: ABSIC toplam bina performans kriterleri ve organizasyon konuları

ABSIC performans kriterleri	**ABSIC sistem entegrasyon kriterleri**
Mekan kalitesi	Strüktür
Isıl kalite	Çevrelenen alan
Hava kalitesi	HVAC
Akustik kalite	PLEC
Görsel kalite	Dahili sistemler
Yapı kalitesi	

Tablo 4.6: Yapı IQ faktörleri

Bireysel kullanıcı ihtiyaçları	**Organizasyona ait ihtiyaçlar**
Hava kalitesi Ses kontrolü Isıl konfor Mahremiyet Aydınlatma konforu Mekansal kontrol Yapıda ses kontrolü Kolaylıklar Sağlık Motivasyon	Toplam personel miktarındaki değişim Çalışma gücünün cazip hale getirilmesi/korunması İletişimin hiyerarşisi, durumu ve gücü Personelin yerleştirilmesi Resmi olmayan etkileşimin en üst düzeye çıkarılması İnsan faktörleri (çalışanların rahatlığı) Yüksek prestij imajı Dışarda güvenlik İçerde güvenlik Ekipmanların bağlantısı ve kabloların konumunun değiştilmesi Çervesel olarak ihtiyaç duyulan ekipmanların eklenmesi veya yeniden yerleştirilmesi Donanım işleyişlerinin korunumu Elektrik enerjisi talebi Telekomünikasyonlar Verimlilik: İş gücü Sağlık Devam Çalışma imkanları
Yerel çevresel ihtiyaçlar	**Global çevresel ihtiyaçlar**
Yerleşim yerinde rüzgar etkisi Yerleşim yerindeki gürültü etkenleri Yerleşim yerindeki gün ışığı etkileri Yerleşim yerindeki gölgeleme etkileri Yerleşim planlamsıyla uyum sağlamak Varolan alanların tekrar kullanımı	Sera gazlarının emisyonu: Düşük enerjili tasarım Klima gereksiniminin azaltılması Düşük-emisyonlu enerji kaynaklarının kullanımı Optimum kontrol CFC emisyonu Soğutma döngüsündekiCFC nin bulunmaması Klima tesisatının bulunmaması CFC yayılan köpüklerinin olmayışı Sürdürülebilir malzeme kaynaklarının kullanımı Tüm binanın enerji tüketimi İklim faktörü

4.1.4.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları

- Sistem entegrasyonu içermez
- Maliyet analizi yapılamadığı için maliyet verimliliği ölçümü yapılamaz
- Yerel ve global ölçekteki çevresel ihtiyaçları dikkate alan bir değerlendirme yapar
- Değerlendirme sırasında bireysel kullanıcı ihtiyaçları dikkate alınır
- Organizasyona ait ihtiyaçlar değerlendirilebilmekte ancak yapı yönetim sistemlerinin işleyişi değerlendirme kriterleri arasında yer almamaktadır
- Sistem işleyişinde analitik bir yaklaşım söz konusu değildir. Bu nedenle sonuçlar karşılaştırma yapabilmek için yeterince güvenli sayılmaz

4.1.5 BRM Metodu

IBE derecelendirme metodu, bina kabuğu, bina hizmetleri ve uygulamaları ile ilgili bir dizi temel sorudan meydana gelmektedir. A Bölümünde, testin uygulandığı karşılıkları veren, bir binanın zaman içerisinde, adapte olabilme yeteneğini belirleyen yedi temel bina kabuğu karakteristiklerini 1'den 9'a kadar olan bir skalada değerlendirmeleri istenilmektedir.

E bölümünde, yani uygun akıllı bina teknolojileri bölümünde, bina hizmetlerini ve uygulamalarını derecelendirmek için benzer bir yaklaşım kullanılmaktadır. Bu, sağlanan teknoloji seviyeleri ve binada bulunan kişilerin gereksinimlerini ve öncelikleri arasında bir karşılaştırma yapılmasını sağlar. IBE derecelendirme metodunun kapsamı çok sınırlıdır, çünkü, binanın lokasyonu/konumu ve bölgesi ve de bina kabuğu, dış cephesi ve hizmet konularına çok kısıtlı olarak değinilmiştir.

Bu sebeple, IBE derecelendirme metodu hiçbir zaman yayımlanmamıştır ve DEGW ile birlikte kullanımının, IB Asya projesinin bir parçası olarak Bina Derecelendirme Metodu (BRM)'nin geliştirilmesi amacıyla bir başlangıç noktası olarak kullanıldığı 1995 yılına kadar, DEGW kapsamında kullanımı kısıtlı olmuştur.

Bina Dereclendirme Metodu, normatif 1992 IBE metodunu muhafaza etmiş ve onu, bina konumu, kabuğu, dış cephesi ve hizmetler-servis/teknolojiler gibi çok daha geniş bir konu yelpazesine uygulamıştır. Tüm bölümlerde kullanılan skala (tablo 4.7) : 1-9 [60]

Bölüm A; Ulaşılabilirlik

Bölüm B; Yapı kabuğunun derecelendirilmesi

Tablo 4.7: Tüm bölümlerde kullanılan skala

Bölüm A: Yapının konumu/yerleşim yeri
A1 Yerel
A2 Yerleşim yerindeki haberleşme alt yapısı
A3 Yerel kolaylıkların sağlanması
A4 Toplu taşıma yada özel arçlarla bölgeye ulaşım
A5 Otoparka ulaşım
A6 Bölge ve bina güvenliği
A7 Görünüş
Bölüm B: Yapı kabuğu konuları
B1 Isıl kabuk stratejisi
B2 Strüktürel grid
B3 Planlama ve gridlerin bölünmesi
B4 Kat boyutları ve düzeni
B5 Kat biçimi
B6 Mekan verimliliği
B7 Kat derinliği ve kesit yüksekliği
B8 Kat yüklerinin etkileri
B9 Fazla yüklü alanların önlemi
B10 Haberleşme altyapısı
B11 Çalışan ve ziyaretçi girişi
B12 Mal/eşya girişi
B13 İç/dış da bakım yeteneği
B14 Atrium etkisi
Bölüm C: Yapı kabuğu özellikleri konusu
C1 Servislerin stratejisi
C2 Solar kontrol stratejisi
C3 Doğal havalandırma

Bölüm D: Organizasyon ve çalışma süreci konuları
D1 Organizasyonun kompleksliği/karmaşıklığı
D2 Tekrar düzenlenme miktarı
D3 İşlerin rutinliği
D4 Bireysel yada çalışma grupları
D5 Çalışma alanı
D6 Mahremiyet ihtiyacı
D7 Bilgi teknolojilerinin kullanımı
D8 Geniş alanlarda iletişim sağlanması
D9 Çalışma ortamının kontrolü
D10 Güvenlikle ilgili işler
D11 Çalışma saatleri dışında çalışm alanına erişim
Bölüm E: Yapı servis ve teknolojileri
E1 HVAC zonlama ve kontrolü
E2 Az miktarda enerji sağlanması
E3 Destek enerjinin sağlanması
E4 Kablo dağıtım sistemi
E5 Haberleşme sistemleri
E6 Aydınlatma sistemleri
E7 Bina otomasyon sistemleri
E8 Mekan yönetim sistemleri
E9 İş sistemleri
E10 Giriş konrtolü ve güvenlik
E11 Mobilya/döşeme sistemleri
E12 Bakım, montaj ve bitişlerdeki kalite (uygun-hatalı)

Bölüm C; Yapı kabuğunun çevre/ortam yönetimine katkısı. Yapı içinde ve kabukta, zaman içinde değişen kullanıcı gereksinimlerine göre uyum sağlama yeteneği

Bölüm D; Organizasyon ve çalışma süreci konularında (eğer biliniyorsa) bina kullanıcılarının değerlendirilmesi

Bölüm E; Yapı servis ve teknolojilerinin skalanın bütün bölümleri içinde (1-9) derecelendirilmesi [60] . Günümüzde özenli bir tasarım, mekan planlaması ve yönetimi açıkca aşağıdaki anlamları içermektedir

- ✶ kullanım esnekliğinin artırılması
- ✶ kişisel çalışma verimliliğinin artırılması
- ✶ çalışma süreçlerinin verimliliğinin artırılması

4.1.5.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları

- ■ Kabuk ve yapı sistemleri arasındaki etkileşimi değerlendirebilmektedir
- ■ Ortalama her bölümden elde edilen değerlendirme sonçlarına göre karşılaştırma yapılır ancak verilen cevaplar baz bölümlerde değişkenlik göstereceği için sonuçlar güvenilirlikten uzaktır
- ■ Entegrasyon seviyesi ölçümü, maliyet analizi ve yapı zekasına dair bir kriter bulunmaz
- ■ Çevre ve pasif sistem kurgularının kabuk ve kullanıcıyla etkileşimi değerlendirilebilmektedir
- ■ Sistemler için kapsamlı bir maliyet etkinlik analizi yapılamaz
- ■ Yeşil tasarım anlayışı kriterlerde değerlendirmeye alınmaz
- ■ Sürdürülebilir yapı tasarımı ve malzeme kullanımı değerlendirme içinde yer almaz

4.1.6 Akıllı Bina Performans Değerlendirme Metodu (QEM)

Performans, bireysel ihtiyaçlara göre, farklı şekillerde ölçülebilir ancak, genelde dört kategoriye ayrılmaktadır : bireysel konfor, organizasyonel esneklik, teknolojik olarak adapte olabilme yeteneği, ve çevresel performans. [64].

"Doğru bir tanımlama olmadan, yeni bina bir sonraki yüzyılı karşılama anlamında optimum şekilde tasarlanmış olamayacağı için", net bir akıllı bina tanımı önem taşımaktadır. Uygun bir akıllı bina tanımı oluşturmak için iki seviyeli bir strateji

önermiştir. Birinci seviye, dokuz adet 'Kalite modülü (QEM) (M1–M9) ve ikinci seviye, fonksiyonel gereklilikler, fonksiyonel mekanlar ve teknolojilerden oluşan üç ana unsuru içermektedir her bir endeks bir çevrim formülü ile hesaplanan ve her birisi gerçek sayı olan (1 ila 100 arasında) bir skor ortaya koymaktadır [59].

- Sistemin özeti:

Bu metodla farklı türdeki binalar farklı öncelikleri içeren modüllerin farklı kombinasyonlarına sahip olacaklardır. Önce modül seçimi yapılır, bir seçilmiş olan hizmetler gereğine göre belirlenir. Hizmetlerin önerilen planlaması **Tablo 4.8**'de gösterilen modüllerdir. tasarımcı tasarımının tüm hizhetleri içerip içermediği şu iki faktöre bağlıdır. birincisi; bina türüyle ilgili olan modülün önceliği olması, ikincisi ise; gerekli yatırım finansmanın mevcut olması [133].

Tablo 4.8: Modül öncelik sırası

Tablo II	Öncelik sırasına göre düzenlenmiş modüller (P1-P8)							
Bina türü	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Hastane	M1	M6	M4	M5	M3	M7	M2	M8
Konut	M4	M7	M6	M1	M3	M2	M5	M8
Ticari (ofis)	M5	M2	M1	M4	M3	M7	M6	M8
Ulaşım terminalleri	M6	M4	M1	M8	M7	M3	M2	M5

Detaylandırılmış gereksinimler herbir akıllı binanın türüne bağlıdır. akıllı bir bina kullanıcı gereksinimlerini karşılayabilmek için QEM' e uygun seçim üzerine planlanır ve inşa edilir. ayrıca hizmetlerin ve temel faktörlerin herbir modül üzerine planlanışı, farklı ülkelerdeki uygulanışına bağlı olarak, oldukça esnektir [133].

Yenilenmiş olan '**QEM' (M1–M10)** şunları içermektedir:

M1: çevre dostu olma— sağlığı ve enerjiyi koruma;

M2: mekan kullanımı ve esneklik;

M3: maliyet etkinliği – etkinliği vurgulamak kaydı ile işletim ve bakım;

M4: insan konforu;

M5: çalışma verimliliği;

M6: güvenlik tedbirleri—yangın, deprem, doğal afetler, yapısal hasarlar vs.

M7: kültür;

M8: yüksek yeknoloji imajı;

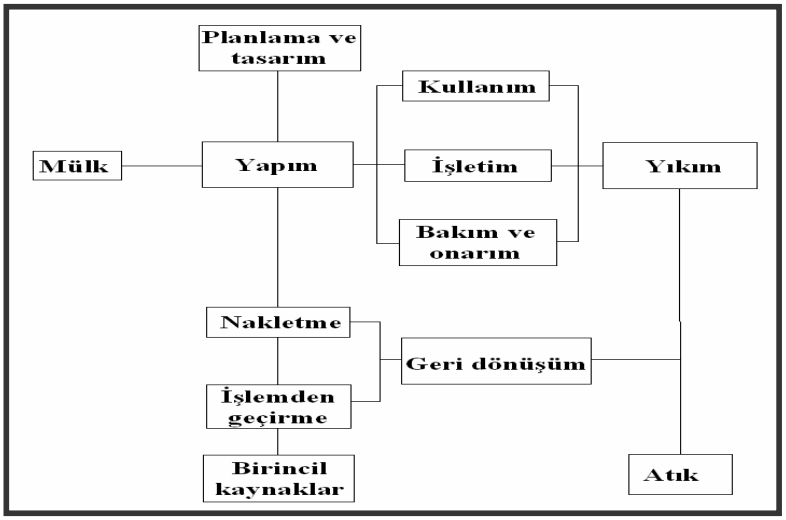
M9: inşaat süreci ve yapı,

M10: sağlık ve hijyen [59].

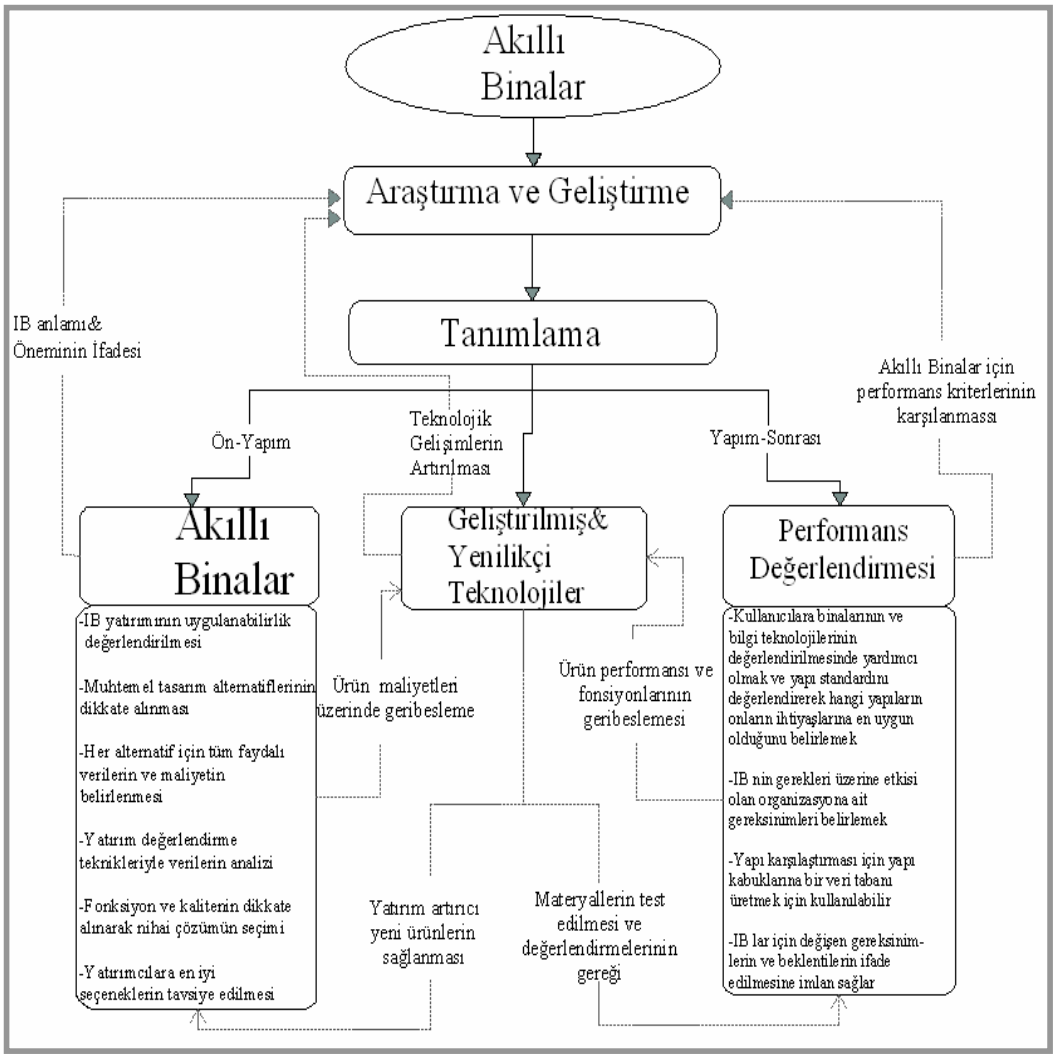
Yukarıda belirtilen 10 temel modülün her birisi, uygun bir öncelik sırasına göre bir dizi temel unsur ile eşleştirilecektir. Akıllı bina, uzun dönemli bina değerleri elde etmek için uygun bina tesisleri ile planlamak suretiyle kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla "Kalite Çevresel Modüllerinin" uygun şekilde seçimi üzerine tasarlanmış ve inşa edilmiş bina olarak yeniden tanımlamıştır [41].

Farklı otoriteler, akıllı binaların performanslarını ölçmek amacıyla çeşitli değerlendirme metodları geliştirmeye çalışmışlardır [60,62,64].

Preiser ve Schramm, daha sonra (1997'de), kendi değerlendrime modellerini geliştirmişler ve binanın doğumundan ve bina ömrü boyunca; planlama, programlama, tasarım, inşaat, kullanım ve yaşam döngüsü gibi konuları içeren altı temel ifade ile konuyu değerlendirmek için bir "entegratif bina performans değerlendirme yapısı" önermişlerdir (şekil 4.3) [59]. Gerçek anlamda düşük enerji harcayan binalar, sadece kullanımda değil aynı zamanda, özellikle üretim olmak üzere, (**Şekil 4.4**) binanın ömrü sırasında çeşitli noktalarda da düşük miktarda enerji tüketirler. Enerji içeriğini hesaplamaya yönelik üzerinde uzlaşıya varılmış ya da kabul edilmiş bir metodoloji henüz yoktur [38].



Şekil 4.3: İnşaa döngüsü, DL&E (1991)



Şekil 4.4: Akıllı bina araştırmaları ve çeşitli araştırma akımlarının bağlantılarını içeren bir sistem bütünü şeması [59]

4.1.6.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları

- Sistematik yaklaşımı içindeki önceliklerin doğru kurgulanılmasının yanında, sistem entegrasyon değerlendirmesi kriterler arasında yer almaz
- Maliyet etkinliği, yapı yaşam süresi boyunca, işletim ve bakım süreçleriyle değerlendirilebilir
- Tasarım, mekan kalitesi ve esneklik anlayışıyla diğer metodlardan daha kapsamlı bir değerlendirme yapılabilmektedir
- Yapının çevre dostu oluşu yada enerjinin verimli kullanılışı değerlendirilebilmektedir

- Değerlendirmeler sırasında eksikler için, geri besleme süreci olmadığından sistem kontrolü ve düzeltmelerin yapılması mümkün olmaz
- Değerlendirme kriterlerinde yapı bileşenleri ve sistem ilişkisi yeterli derecede incelenmediği için performans sadece inşaa ve belli enerji akışlarının maliyetini değerlendirebilir.

4.1.7 Akıllı Bina Değerlendirme Matris Aracı (MATOOL)

Bina yaratıcıları ve operatörlerinin gereksinimlerini belirlemek ve bu şekilde Akıllı bina teknolojilerinin pazara giriş sürecini hızlandırmak amacıyla, akıllı binaların performanslarının tutarlı şekilde değerlendirmesini sağlayan bir metoddur. Bir matris aracı olan "Matool", binaların zekasını değerlendirebilmek için pratik ve ekonomik bir yaklaşım sunarak boşluğu doldurmak amacıyla geliştirilmiştir [134].

Matriks aracı, aşağıdaki üç unsuru (kriteri) göz önünde bulundurmaktadır :

- ☑ Yapma çevre; ısıl, görsel, ve akustik konfor ve iç ortam hava kalitesinin gerekliliklerini sağlayarak, binada yaşayanların güvenliğini, sağlığını ve üretkenliğini sağlamalıdır.
- ☑ Bina, sürdürülebilirlik sayesinde, gelecek nesillere hizmet edebilme potansiyeline, ya da binanın ömrü boyunca adapte olabilirliğe sahip olabilmeli ve çevresel kaynakların korunmasını sağlamalıdır.
- ☑ Piyasa değeri muhafaza edilirken, bina bazı finansal kısıtlamalar ile inşaa edilip işletilebilir.

Matool, tasarım, tedarik ve işletme aşamaları sırasında binaların zekalarını tetkik etmek için geliştirilmiştir. Amaç, bina projesi, tasarımı ya da işletimindeki zayıf noktaların tespit edilmesi ve bina zekasının geliştirilmesi için gerekli olabilecek noktaların belirlenmesidir.

Pek çok akıllı bina inşa edilmiştir. Ancak, akıllı binaların, geleneksel binalar ile nasıl kıyaslandığı bir soru işaretidir. Ortak olarak kabul edilmiş bir metodun ve ilgili destekleyici verilerin olmaması sebebi ile, akıllı binaların genel performansı somut bir zeminde gerçekleştirilememektedir. Zeka anlamında, farklı binalar arasında birebir karşılaştırma yapmak imkansız olmasa da, zordur. Sonuç olarak, sektör, en iyi akıllı bina uygulamasına ilişkin bilgi eksikliğine sahip bir şekilde yoluna devam etmektedir.

Matool ile, tesis yöneticileri ve yapı profesyoneller, aşağıda belirtilen, binalar için performans değerlendirme göstergelerini kullanmalıdırlar [134,135]:

- yapma çevre
- duyarlılık/yanıt verebilme
- fonksiyonellik
- ekonomik konular
- uygunluk

I. Aşağıdaki alt-performans göstergelerinden meydana gelen Yapma Çevre:

- Konfor ve verimlilik : bina, içinde yaşayanların konfor kriterlerini ne ölçüde karşılıyor?
- Bireysel kontrol ve yerel ortam :binada yaşayanlar, örneğin fan-coil ünitesi ya da storlar gibi, lokal terminal cihazlarının, uygun seviyelerini ayarlama yeteneğine sahipler midir?
- Sağlık ve güvenlik : güvenli ve sağlıklı bir ortam yaratılmış mı?
- Enerji ve çevre politikası : bina çevresinin işletlilmesi ve ilgili çevresel etkileri ile ilgili kabul edilmiş bir organizasyonel politika mevcut mudur?
- Çevreleyen ekolojik sistemler ile entegrasyon : tasarım aşamasında, mikro-klimatik tasarım, binaya entegre edilmiş yenilenebilir enerji kaynakları ve yağmur suyu/atık su değerlendirilmesi ile ilgili kararlar nasıl alınmıştır.

II. Duyarlılık/yanıt verebilme

- Farkındalık : binada yaşayanlar, bina ile olan ilişkilerini ne kadar iyi anlayabilmektedirler?
- Çevredeki değişimlere otomatik tepkiler : binanın; çevredeki, elektrik, su vs hizmetlerindeki, servis sistemlerindeki ve bina kullanımındaki değişimlere uygun şekilde yanıt vermesine izin veren herhangi bir tedbir ya da sistem mevcut mudur?
- Acil durumlarındaki performans : bina içerisinde ve çevresinde ne seviyedeki acil durumlar ile başa çıkılabilmektedir?

- Karar-verme : bina operatörleri, gereksinimlerdeki değişimlere yanıt olarak karar verme anlamında özgürler midir?
- Esnek kullanım : farklı bir kullanım için; bölümlerin, yerleşimlerin ve hizmet sistemlerinin değiştirilmesi için esneklik var mı?

III. Fonksiyonellik:

- Raporlama sistemi : binanın verimli bir şekilde yönetilmesi ve işletilmesi ile ilgili bilgi, ilgili taraflara ne kadar iyi yansıtılabilmektedir?
- Bina Yönetim Sistemi : Binaya Bina Yönetim Sistemi-BMS yerleştirilmiş mi, ve ne ölçüde değerlendiriliyor?
- Bakım : Mimari özellikler, Bina Yönetim Sistemi-BMS, ve hizmet sistemleri dahil olmak üzere, binanın bakımı ne kadar iyi yapılabilmekte?
- Tesis yönetimi : bir tesis yöneticisi ya da yönetim ekibi var mı ve bunlar teknik olarak ne kadar yeterliliğe sahipler?
- Tasarım sırasında kullanım-kolaylığının düşünülmesi : kullanım kolaylığı ile ilgili konular, tasarım aşamasında nasıl değerlendiriliyor?

IV. Ekonomik konular:

- Yatırım : İleriye ya da akıllı bina teknolojilerine yönelik potansiyel yatırımlar, ilgili karar mercileri tarafından değerlendiriliyor mu?
- Enerji tedariki : enerji tedariğini değiştirmek ne kadar kolay?
- Kaynaklar (su, atık yönetimi, vs) : enerji kontrolü, su kullanımını takibi, ve atık yönetimi nasıl gerçekleştitiliyor?
- Maliyetler : Enerji ve diğer kamu hizmetleri ile ilgili maliyetler kiracılar tarafından nasıl ödeniyor?
- Bütçe : başlangıç maliyetinin yaşam boyu maliyetine oranını belirlemek için hangi yöntem kullanılıyor?

V. Uygunluk:

- Özel kullanım: Bina, özürlüler ya da yaşlılar gibi bazı bireylerin özel ihtiyaçlarını karşılayabilecek özelliklere sahip mi?

- IT bağlantısı: bina, IT şebekesi vasıtası ile uzmanlaşmış hizmet sağlayıcılarına erişime sahip mi?
- Lokasyon: Binanın konumu, bina içerisindeki aktivitelerin ilgili kaynaklara kolay erişim sağlayacak şekilde mi?
- Organizasyon: binanın verimli çalışması ile bağlantılı olarak etkili bilgi dağıtımını sağlayan organizasyonun farklı bölümleri arasında uygun bir iletişim var mı?
- İç akış ve işletim planlama: binadaki etkileşim içerisinde olan bölümlerin lokasyonu ve personel ve bilgi hareketleri ile bağlantılı karar almak için tasarım aşamasında hangi süreç ya da yöntemler kullanılıyor?

Bu akıllı bina performans göstergeleri, bir dizi faktörden, ya da diğer adıyla Etki Alanlarından etkilenmektedir. Bu Matris Aracı sadece beş faktörü göz önünde bulundurmaktadır, şu şekilde:

A) İnsanlar:

- Kendilerini rahat hissediyorlar mı ve binada üretkenler mi?
- Bina ile olan ilişkilerini ne kadar iyi anlıyorlar?
- Enerji yönetiminde bir rolleri var mı?
- Yatırım için karar verme mekanizmaları : Akıllı bina teknolojilerinin faydasını kavrıyorlar mı ve bununla ilgili yatırım için fizibilite çalışması yapmak niyetindeler mi?
- Özel ihtiyaçlara sahip insanlar (özürlü ya da yaşlılar gibi) : bina bunların özel ihtiyaçlarını karşılayabilir mi?

B) Yapı sistemleri:

- Sistem bireylere, lokal cihazların ayarlarını kendi arzularına göre değiştirme imkanı veriyor mu?
- Bina ve onun sistemleri, çevresine karşı otomatik bir tepkiselliğe sahip mi?
- Bina, bir Bina Yönetim Sistemi (BMS) tarafından mı yönetiliyor?
- Faydalı olacağı düşünüldüğünde kamu hizmet (su, elektrik vs.) sağlayıcılarını değiştirmek teknik açıdan fizibiliteye sahip mi?
- Binanın iyi bir internet erişimi var mı?

C) Kritik durumlar:

- Bina içerisinde ya da çevresinde kalan insanların sağlığı ve güvenliği ile ilgili alınan tedbirler nelerdir?
- Bu olanaklardan hangileri acil durumlara yöneliktir?
- Bina ve hizmet sistemlerinin bakım durumu nedir?
- Enerji denetimi, atık yönetimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının durumu nedir?
- Bina , kullanımı açısından uygun bir konumda mı?

D) Süreç:

- Organizasyon içerisinde, benimsenmiş bir enerji ve çevre politikası mevcut mu?
- Operatörlerin, herhangi gerekli bir değişimi yönetme konusundaki bağımsızlıklarının ölçüsü nedir?
- Bir tesis yöneticisi ya da yönetim ekibi var mı?
- Kiracıların, kendilerine sağlanan kamu hizmetlerini (su, elektrik vs.) kontrol etme ve ölçmelerine yardımcı olacak imkanlar nelerdir?
- Organizasyon yapısı nasıldır?

E) Tasarım

- Bina ve onun sistemlerinin çevresi ile entegrasyonu ile ilgili tasarım unsurları nelerdir?
- Kullanımdaki değişimin gerektirdiği şekilde, bina bölümleri, yerleşim ve servis sitemlerindeki olası değişiklikler ile ilgili tasarım unsurları neler olmuştur?
- Bina sistemlerini kullanmak, işletmek ve bakımını sağlamak ne kadar kolaydır?
- Binanın maliyeti, bina ömrü ile nasıl bağlantılıdır?
- Etkileşim içerisindeki bölümlere erişim kolay mıdır?

Beş Akıllı Bina Performans göstergesinin her birisi, beş Etki Alanının hepsinden etkilenmektedir. Bunların etkileşimleri Matriks Tool'da göz önünde bulundurulmuştur. Akıllı binaların değerlendirilmesine yönelik bir anket yapılması için ilgili yukarıda verilen tarifeye uygun olarak bir Kontrol-listesi geliştirilmiştir. Bu

kontrol listesi, binanın 25 farklı yönüne dayanarak, zekasının değerlendirilmesinde yardımcı olmaktadır.

Her bir performans göstergesi, 0 ila 5 arasında değişen bir değere sahiptir, ve 5 en iyiyi ve 0 en kötüyü göstermektedir. Bu bireysel performans göstergeleri ilgili bina özelliklerine göre tetkik edildikten sonra, genel bina performansı aşağıdaki şekilde hesaplanır :

$$IQ = g_B P_B + g_R P_R + g_F P_F + g_E P_E + g_S P_S$$

P_B, P_R, P_F, P_E, P_S herbir performans göstergesinin değeri, sırasıyla: Yapma çevre, Duyarlılık/yanıt verebilme, Fonksiyonellik, Ekonomik ve Sürdürülebilir; g_B, g_R, g_F, g_E, g_S sırasıyla, herbir performans göstergesi için dengeleme kasayısını ifade etmektedir. Ve:

$g_B + g_R + g_F + g_E + g_S = 5$

IQ değeri "Matool" altında yapının "zekasını" belirtmektedir. IQ nun maksimum değeri 125 dir. Akıllı bina derecesi şu şekilde ifade edilmektedir:

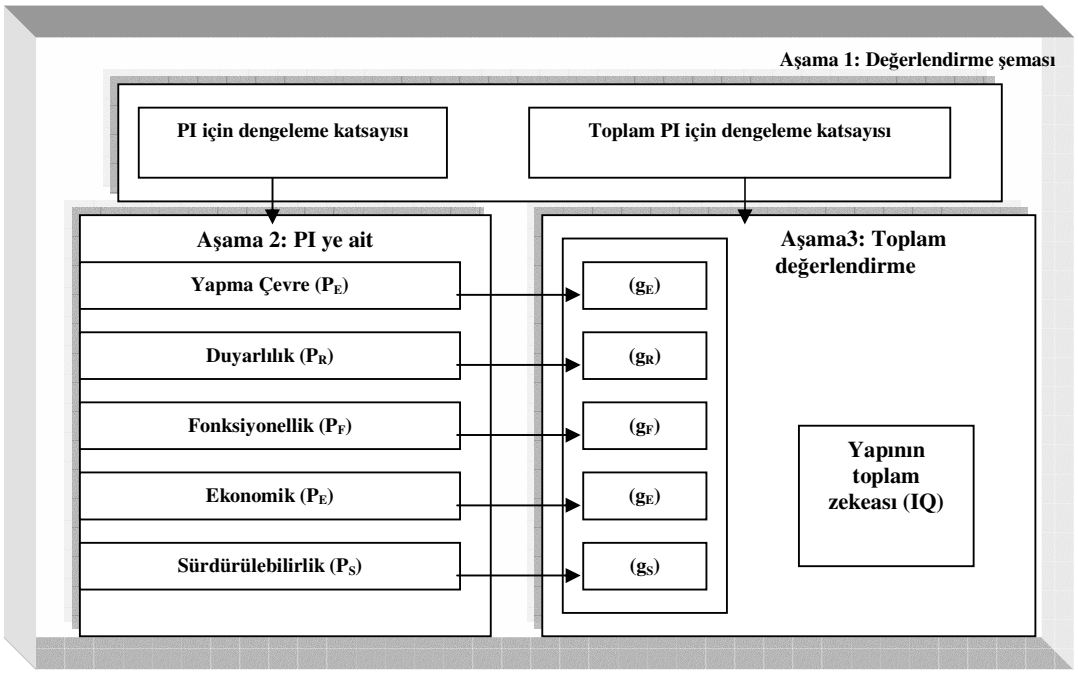
- Kötü: <50
- İyi: 50 ~80
- Çok iyi: 80 ~100
- Mükemmel: 100~125

Bina, hazırlanmış olan ankete göre değerlendirilir. Bir PI, aşağıda tarif edilmiş olan bina özelliklerinin hepsi ya da bazılarından etkilenmiş olabilir. Bina özellikleri ve birbirleri ile, kullanıcı ile ve de çevre ile etkileşimi, binanın performansını belirler. Bina özellikleri "Matool" da Tablo 4.9'da tanımlanmaktadır

Tablo 4.9: Matool'da bina özelliklerinin tanımlanması

□ Konum, yer -Yapının konumu -Altyapı sevisleri -Erişilebilirlik -Hizmetlerin yakınlığı -Yapı kullanıcıları, ziyaretçiler ve müşteriler için konum ve yerleşim yerinin uygunluğu	□ Yapı kabuğu, çekirdek ve mekan planlaması -Yapının formu -İç mekan planlaması, derinlik, kat yüksekliği, form, iç mekan bölücüleri -Yangın kaçış için maksimum uzaklık -Kullanıcı yoğunluğu -Atrium vs.	□ Kolaylıklar -Dışardan giriş -Sirkülasyon -Tuvaletler, ortak kullanılan odalar, kamu alanları -Hizmetlerin servisleri
□ Strüktür -Depreme-sel baskınına-çökmeye karşı korunma ve Güvenlik -Gelecekteki yapılacak ilaveler -Gerilme, yükler -Görüntüleme techizatının yerleştirilmesi	□ Malzemeler -Eneji performansı -İç ortam kalitesi (IAQ) -Sürdürülebilirlik (enerji, Geri dönüşüm, atık arıtma)	□ Cephe ve kaplama -Kaplama -Gölgeleme -Doğal havalandırma ve aydınlatma özellikleri -Solar enerji kullanımı (Isı kollektrleri, veya PV)
□ Çevresel sistemler -HVAC -Pasif ve aktif solar sistemler -Doğal havalandırma	□ Mekanik sistemler -Düşey taşımacılık -Tesisat, su depolama, temizleme sistemi, atıkların yok edilmesi -Geri dönüşüm sitemleri	□ Elektrik sistemleri -Güç sağlama -Aydınlatma -Aydınlatma korunumu
□ IT ve Haberleşme sistemleri -Telefon, faks, hesaplama -LAN, WAN -TV & Radyo	□ Yangın güvenlik sistemi -Yangın korunumu/Tesbit sistemi -Yangın alarm sistemi -Yangından korunma sistemi -Yangın mücadele sistemi	□ Bina yönetim sistemi -Güvenlik sisemi -HVAC kontrol -Aydınlatma kontrol -Düşey taşıma kontrolü

Bütün bu yapı özellikleri, her bir performans göstergesini ve toplam performansı yada yapının "Matool" kapsamında "zekasını" doğrudan etkilemektedir. Bu **şekil 4.5** ile örneklendirilmiştir.



Şekil 4.5: Değerlendirme metodu işleyiş düzeni

4.1.7.1 Metodun Avantaj ve Dezavantajları

- Enerji etkin tasarım anlayışı kriterler ile değerlendirilip kullanıcı memenuyite ön planda tutulmuştur
- Tekrar kullanım, geri dönüştürülebilirlik ve yenilenebilirlik anlayaşı ilk kez bir metod da sürdürülebilirlik anlamında değerlendirilmekte ve maliyet etkinliği kapsamında verimlilik analiz edilebilmektedir
- Yapı değerlendirmesi sırasında kullanıcı kaynaklı sorunlar tesbit edilip değerlendirilebilmektedir
- Yapı sistemleri ve sistemlerin kendi içindeki entegrasyonu değerlendirilebilmekte ve kullanıcıların sistemdeki yetersizliklerin tesbit ve tanımında etkin bir rol oynamasına izin verilmektedir
- Yapı zekasının verilen kriterler kapsamında hesaplanması mümkündür
- Yanıtlar anket yöntemi ile elde edildikleri için, her kullanıcının sistemle ilgili farklı istek ve şikayetlerde bulunması nedeniyle, yanlış yada eksik değerlendirmelerin olasıkları yüzünden sonuçların doğru ve geçerlilikleri tartışmaya açıktır.

4.1.8 Akıllı Bina Değerlendiricisi (IBAssessor)

Akıllı bina endeksi kullanılarak yapılan bir test çalışmasında, araştırmacılar, göstergelerin sayısal seçiminde, belirtilen sayısal bir gösterge yaklaşımı kullanarak, 10 modülün 378 elementinin entegrasyonundan 43 göstergenin oluşturulabileceğini fark etmişlerdir. Aslında, bu bütünleyici çıkartım, akıllı bina endeksinde benimsenmiş olan çoğu unsurun tekrarlandığını ve basitleştirmeye ihtiyacı olduğunu işaret etmektedir. Akıllı bina endeksi, akıllı bina göstergelerinin kapsamlı bir sınıflandırmasına sahiptir, ve bu sınıflandırmadan, ANP temelli değerlendirmeye yönelik olarak, uygun bir grup gösterge seçilebilir. Akıllı binaların ömür boyu enerji verimliliğini değerlendirmeye yönelik göstergelerin seçilmesi anlamında, zaman içerisinde, enerji tüketimleri kriteri altında sayısal bir değerlendirme yaklaşımı ileri sürülmektedir ve bu yaklaşımda insanlar, süreçler ve ürünler vardır.

4.1.8.1 Göstegelerin Sayısal Seçimi

SIBER modeli:

Binaların ömürleri; yapısal ve hizmet sistemleri ile bağlantılı olarak, tasarımda, inşaatta ve işletimde ardışık süreç aşamaları içermektedir. Bina ömrü analizi/değerlendirme (LCA) metodu, bina sistemlerinin her aşamasındaki çeşitli etkisel faktörlere bağlı olan farklı modellerdeki hem doğal hem de yapma çevre yük büyüklüğünü değerlendirmeye yönelik sayısal bir yaklaşımdır.

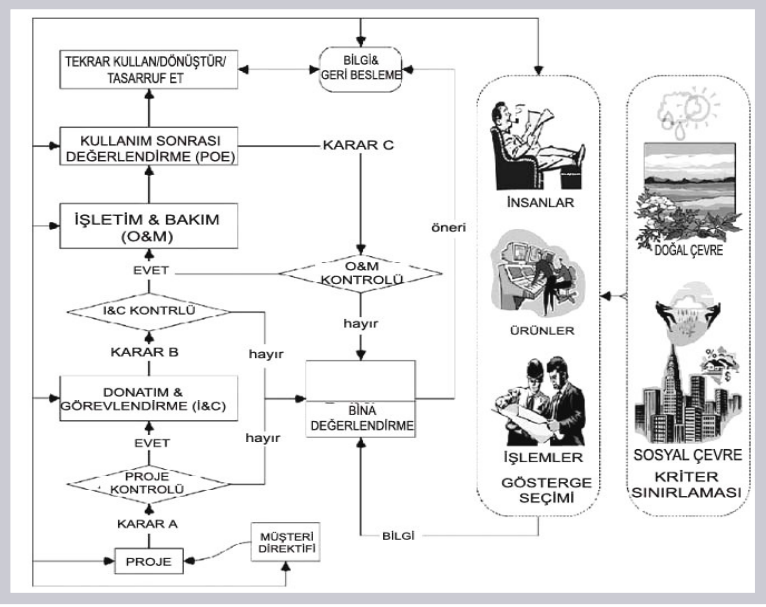
Bu LCA temelli süreç kıyas noktalarına dayanarak, inşaat projelerinin işletimine yönelik altı tutarlı aşama üzerine odaklanan Bina Ömür Boyu Çevre İş Modelini öne sürmüştür. Akıllı Bina performans değerlendirmesine yönelik en uygun göstergeleri seçmek için, araştırmacılar, karar verme süreçleri ile birlikte bir Bina Değerlendirme yöntemini, TLEBM'ye entegre etmektedirler.TLEBM modeli Yapı projelerinin iş yönetimi şu altı aşama üzeride yoğunlaşmıştır; Müşteri istekleri, Tasarım, Yükleme ve Görevlendirme (I/C) İşletim ve Bakım (O/M), Kullanım Sonrası Değerlendirme (POE) ve Yeniden kullanım/Geri dönüşüm/Atıklar. Akıllı bina değerlendirmesinde kullanılacak en uygun göstergelerin seçimi için karar verme süreçleri ile birlikte bir bina değerlendirme yöntemini, TLEBM'ye entegre edilmiştir. Bunlar; Tasarım ve I/C (Installation/Commission)aşaması arasında bir Tasarım Değerlendirmesi; I/C aşaması ve O&M (Operation/maintainance) aşaması arasında bir I/C değerlendirmesi; ve O&M aşaması ve POE aşaması ile entegre olmuş olan Atma/ Yeniden kullanma/döngüleme aşaması arasında bir O&M değerlendirmesidir. Binaların ömür

boyu performans değerlendirmesine yönelik olarak TLEBM temelli bir prototip olan yeni gelişen sürecin adı SIBER'dir.

SIBER, (Strategic Intelligent Building Evaluation and Renovation) Stratejik Akıllı Bina Değerlendirme ve Renovasyonu anlamına gelmektedir. Mevcut derecelendirme sistemlerinin değerlendirilmesine ilave olarak, yazarlar SIBER modeli altında özel bir akıllı bina tetkik platformu oluşturmayı planlıyorlar [136].

Bu platform, binaların tüm yaşamboyu performansları süresince görülen sürdürülebilir konuların bir temsilidir. Bu çalışmada, bir grup değerlendirme göstergelerinin sayısal olarak seçilmiş olduğu, bir süreci etkili bir şekilde kontrol etmek için SIBER modeli kullanılmıştır (Şekil 4.7) .

SIBER modeline göre düzenlenmiş olan değerlendirme süreci, bir grup gösterge gerektirir ve insanlar için binaların sürdürülebilir, yaşam boyu performanslarını etkili bir biçimde ifade edebilen yaşam kalitesi faktörlerini içermektedir. Bu bağlamda, İnsanlar kümesi, Ürünler kümesi, ve süreçler kümesi dahil olmak üzere bütün göstergeleri kapsayacak üç gösterge kümesi benimsenmiştir; ve tüm olası göstergeler, Göstergre Kümesine girmeden önce, doğal ve sosyal çevre faktörleri gibi kısıtlayıcı kriterler altında değerlendirilirler (Şekil 4.6). Kısıtlayıcı kriterler altında SIBER modelinin Bina Değerlendirme aracına yönelik en uygun göstergeleri belirlemek için, sayısal bir enerji-zaman esaslı, gösterge değerlendirme yaklaşımı yaratılmış ve bunu ETI' de sunmuştur.



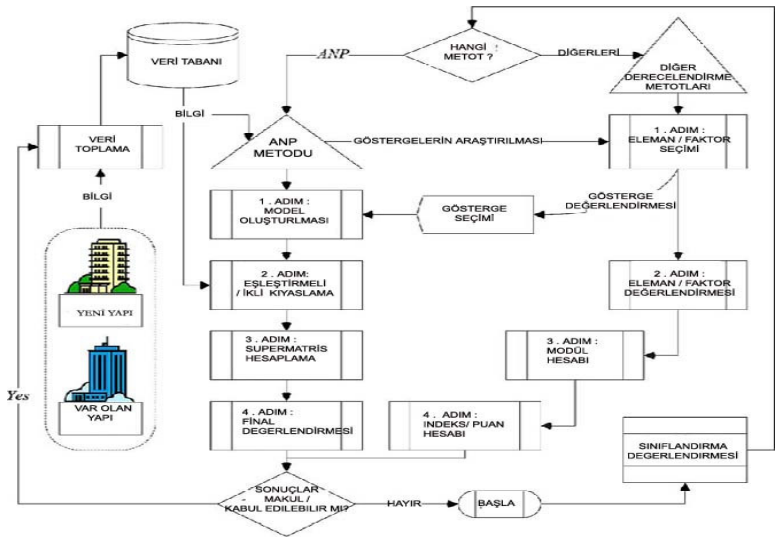
Şekil 4.6 SIBER Modeli

4.1.8.2 Bir Enerji-Zaman Tüketim İndeksi

Bir enerji-zaman tüketim endeksi. İnsanların her türlü gereksinimlerini karşılamak amacıyla, her bina bileşeni ya da bina sistemi için, Ürünler ve Süreçler anlamında, hem enerji hem de zaman tüketiminin var olduğu kabul edilmiştir. Enerji tüketimi açısından, barındırılan enerji önemli bir ölçüttür. Barındırılan enerji, doğal kaynakların elde edilemesinden ürün dağıtımına kadar, madencilik, materyal ve ekipman üretimi, ulaştırma ve yönetimsel fonksiyonlar dahil olmak üzere, bir binanın üretimi ile ilgili olan tüm prosedürler tarafından tüketilen enerjidir [137].

Maliyetin LCA'sı ve inşaat projelerinin çevresel etkileri üzerine odaklanan daha önceki çalışmalar arasında; materyal, bileşen, ekipman ve bina; ve inşaat, tesisat ve bakım gibi süreçler vardır.

Her ne kadar, proje yönetiminde zaman faktörü öne çıksa da, varolan enerjiye dayalı önceki LCA araştırmalarında enerji tüketiminin süresi göz ardı edilmiştir. Ancak, insanlar tarafından istenildiği şekilde, Akıllı Binaların performansları ile uyumlu olarak yapılan üretim ve süreçlerde enerji tüketimlerinin hızının ölçülmesi önemlidir. Çünkü çevrenin kendisi güce sahiptir ancak çevre kirletici faktörleri ortadan kaldırmak zorundadır, ve uzun bir bina ömründe yüksek enrji tüketimi, kısa sürede daha az enerji tüketimine göre çevre için daha fazla olumsuz olamayacaktır. Bu bağlamda, ETI adı verilen ve göstergeleri seçmek için kullanılan sayısal bir ölçüm, barındırılmış eneji tüketim hızı vasıtası ile öne sürülmektedir. Bu, enerji yoğunluğunun önemini de yansıtmaktadır.



Şekil 4.7: TIBER Modeli

Eşitlik (4) enerji (*e*) ve zaman (*t*) gibi iki değişkenden oluşan ETI fonksiyonunun (F_{ETI}) normal bir ifadesini sunmaktadır; Eşitlik (5) ise, herhangi bir gösterge *i* için ETI'nin normal hesaplama metodunu vermektedir, ve Eşitlik (4)'ün kısmi türevidir. Eşitlik (5)'in uygulaması, ETI için enerji ve zaman değişkenleri ile birlikte, bağımlı ilişkiyi tarif etmek için belirli bir fonksiyona dayanmaktadır. Şu an itibari ile böyle bir fonksiyonu formüle etmek için yeterli istatistiki veri olmadığından, araştırmacılar, ETI'yi hesaplamak için alternatif ve basit bir yaklaşım önermektedirler (Eşitlik (6))

$$F_{ETI} = f(e,t) \qquad \text{Eşitlik 4}$$

$$ETI_i = \frac{\partial F_{ETIi}}{\partial t} \qquad \text{Eşitlik 5}$$

$$ETI_i = \frac{\sum^{2}_{j=1} SEC_{i,j}}{\sum^{2}_{j=1} STC_{i,j}} \qquad \text{Eşitlik 6}$$

$$ETI_i = \frac{\sum^{I}_{i=1}\left(a_{ij}/\sum^{I}_{i=1} aij\right)}{J} \qquad \text{Eşitlik 7}$$

$$Wi = \frac{WC_{IB,i}}{WC_{IB}} = \frac{WC_{IB,i}}{\sum_i WC_{IB,i}} \qquad \text{Eşitlik 8}$$

Eşitlik (6) 'da, ETI_i, gösterge i'nin ETI'si dir; SEC_{ij} ise, Gösterge Kümesi *j* ile ilgili gösterge *i*'nin enerji tüketim puanı/skoru (SEC)'dir (*j*=1 ya da 2, iki Gösterge Kümesini işaret etmektedir, bunlar Ürünler Kümesi (j=1) ve Süreçler Kümesi (J=2)'dir.); STCi,j Gösterge kümesi J ile ilgili olarak gösterge *i*'nin süre tüketim skorudur (STC). SEC*ij* seti, bir ürünün içinde barındırılan enerjinin, bir süreç sırasında belirli bir süre aldığı fikrine dayanmaktadır. Göstergre seçimini daha detaylı olarak düzenlemek amacıyla, araştırmacılar, Tablo 5.10'de gösterildiği şekilde, SECij ve STCij ile uyumlu olarak, temel skalaları öznel olarak tanımlamaktadırlar.

Tablo 5.10'da verilen enerji ve zaman tüketim skorlarının temel skalasına dayanarak, her bir göstergenin ETI skoru, yani Göstergre *i*, bir puanlama formu halinde, kendi enerji ve zaman tüketim değerine sahip olabilmektedir (Tablo 4.11). Genel olarak, $ETI_{i,max} = 1000$ ve $ETI_{i,min} = 20$.

Tablo 4.10: Skorların gerekeli ölçeklendirilmesi ve Enerji/Zaman tüketimi için gereken tanımlar

Skorlama için ölçek	**Ürün (Enerji/Zaman modeli)**	**Süre (işletimsel Enerji/Zaman Modeli)**
Enerji Tüketimi için skor (SEC_{IJ}) 1=Aşırı derecede düşük 2=Fazlasıyla düşük 3=Oldukça düşük 4=Az çok düşük 5=Düşük 6=Yüksek 7=Az çok yüksek 8=Oldukça yüksek 9=Fazlasıyla yüksek 10=Aşırı derecede yüksek	Ürünlerin içerdiği enerji Üretim, Yapım ve Montaj	İşletim süreçlerinde, Kullanıcıdan kaynaklanan, enerji gereksinimi
Zaman Tüketim skoru 1=(0, 1 gün] 2=(1 gün, 1 hafta] 3=(1 hafta, 1 ay] 4=(1 ay, 1 yıl] 5= >1 yıldan	Üretim,Yapım, Yükleme Üretiminin yapılmasında süre gereksinimi	İnsanların kullanım gereksinimleri üzerine,işletim sürecinde zaman gereksiimi

Akıllı Bina endeksinin, Akıllı Binaları değerlendirmeye yönelik kapsamlı bir göstergeler kategorisine sahiptir. Bu bağlamda, araştırmacılar, bunu ETI'yi puanlamak için bir model olarak seçmişler ve bu sebeple önerilen IBAssessor ANP modeli için bir grup ETI-skorlu göstergeler grubu seçmişlerdir. ETI, bina sürdürülebilirliği kriteri altında gösterge seçimi için genel bir yaklaşım olduğu için, mevcut bina derecelendirme sistemlerine dayanarak, IBAssessor ANP modeli için Akıllı Bina göstergelerinin daha detaylı ve eksiksiz bir değerlendirmesinin yapılması önerilmiştir. Tablo 4.12'de, IB indeksine dayanan ETI-skorlu gösterge değerlendirmelerinin sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.11: Gösterge i'nin enerji ve zaman tüketimlerine dair skorlama formu

	Ürünler	Süreçler	Aratoplam	Toplam
Enerji tüketim skoru	($SEC_{i,1}$)	($SEC_{i,2}$)	(SEC_i)	
Zaman tüketim skoru	($STC_{i,1}$)	($STC_{i,2}$)	(STC_i)	(ETI_i)

Tablo 4.12: IB indeksi esas alındığı ETI'yi kullanılarak seçilen göstergeler

Gösterge	Kodu	SEC i,1	SEC i,2	SEC I	STC i,1	STC i,1	STC I	ETI I
Elektrik ve elektrik sistemleri	GRI25	7	5	12	1	5	6	200
Isıtma sistemleri	GRI27	7	9	16	3	5	8	200
Havalandırma ve klima sis. leri	GRI31	6	9	15	3	5	8	188
Bina servisleri otomasyon sis. leri	HTI25	9	7	16	4	5	9	178
Yapı malzemeleri	HTI35	8	8	16	4	5	9	178
IT&C hizleri ve servisleri	WEI30	8	6	14	3	5	8	175
Isıl konfor ve iç hava kalitesi	GRI22	5	8	13	3	5	8	163
Asansörler ve kontrolleri	GRI02	5	8	13	3	5	8	163
Güvenlik kontrolü	SSI19	6	5	11	3	5	8	138
Yedek elektrik gücü	SSI26	7	3	10	3	5	8	125
Yeşil malzemeler	MPS18	5	5	10	3	5	8	125
Sifon su sistemi	HSI07	6	4	10	3	5	8	125
Dış dekorasyon	SSI05	5	6	11	4	5	9	122
Yapının mimari tasarımı	HTI28	4	2	6	4	1	5	120
Lavabo yerleşimi	GRI18	4	5	9	3	5	8	113
Atık toplama	HSI21	5	4	9	3	5	8	113
Özürlüler için sirkülasyon	SSI11	5	5	10	4	5	9	111
Bilgisayar destekli tasarım/montaj	MPS03	2	8	10	4	5	9	111
Atık yoketme	GRI64	1	2	3	1	2	3	100
Yenileme için esneklik	SPI15	4	3	7	2	5	7	100
İç dekorasyon	CLI03	4	4	8	3	5	8	100
Strüktürel görüntüme ve kontrol	SSI04	4	4	8	3	5	8	100
Bilgisayar destekli imalat	MPS03	8	1	9	4	5	9	100
İçme suyu sistemi	HSI01	5	3	8	3	5	8	100

Yeşil tasarım	MPS01	6	2	8	4	5	9	89
Aydınlatma	GRI45	4	3	7	3	5	8	88
Yangın denetimi ve dayanımı	SSI13	4	3	7	4	4	8	88
Temizlik	HSI20	4	3	7	3	5	8	88
Emlak yönetimi	WEI70	1	5	6	2	5	7	86
Bilgisayar destekli tasarım	MPS02	5	2	7	4	5	9	78
Otopark/ulaşım hizmetleri	SPI06	2	3	5	2	5	7	71
Eğlence hizmetleri	CFI48	1	4	5	2	5	7	71
Dış peyzaj	CLI07	2	3	5	2	5	7	71
Yapay zekanın kapsamlı kullanımı	HTI31	4	2	6	4	5	9	67
Elektromanyetik uyum	GRI66	3	1	4	2	5	7	57
Çevreye dost	GRI53	1	2	3	1	5	6	50
Konferans ve toplantı hizmetleri	WEI77	1	3	4	3	5	8	50
Drenaj	GRI65	2	1	3	2	5	7	43
Yeşil özelliklerin varlığı	GRI01	1	1	2	1	5	6	33
Giriş işareti ve yönlendirme	WEI61	1	1	2	1	5	6	33
Bakım	SSI28	1	1	2	1	5	6	33
Kullanılabilir alanlar	SPI01	1	1	2	2	5	7	29
Kaçış yolları	SSI14	1	1	2	3	5	8	25

Not: (GRI) Yeşil indeks, (SPI) Mekan indeksi, (CFI) Konfor indeksi, (WEI) Çalışma verimlilik indeksi, (CLI) Kültür indeksi, (HTI) Yüksek-teknoloji imajı indeksi, (SSI) Güvenlik ve strüktür indeksi, (MPS) Yönetim uygulaması ve güvenlik, (CEI) Maliyet etkinlik indeksi, (HSI) Sağlık ve hijyen indeksi

4.1.8.3 Temel Performans Göstergeleri

Akıllı Bina endeksinin 10 modülü altında, 378 unsur vardır. Bu modüller arasında; (GRI) Yeşil indeks, (SPI) Mekan indeksi, (CFI) Konfor indeksi, (WEI) Çalışma verimlilik indeksi, (CLI) Kültür indeksi, (HTI) Yüksek-teknoloji imajı indeksi, (SSI) Güvenlik ve strüktür indeksi, (MPS) Yönetim uygulaması ve güvenlik, (CEI) Maliyet etkinlik indeksi, (HSI) Sağlık ve hijyen indeksi modülü vardır. Tablo 4.12'de özetlendiği gibi, ETI temelli tanımlama sonrasında, bu 378 göstergeden toplam 43 gösterge ortaya çıkmaktadır. ANP modeli için son olarak bir grup ana performans

göstergesi (KPIs) seçmek için, araştırmacılar Gann Dokuzun Karesi kuralına göre, ETI'nin kapsamını yani, $ETI_{i,max}$ = 1000 ve $ETI_{i,min}$ = 20'yi hesaplamışlardır. Bu çalışmanın amacı KPI seçimine yönelik olarak Gann Dokuzun Karesi kuralını uygulamaya yönelik olarak kullanılan basit matematiksel ve grafiksel teknikleri net ama detaylı bir şekilde açıklamaktır (tablo 4.13).

Tablo 4.13: KPI seçimi için Gann dokuzun karesi

	1000	990	980	**970**	960	950	940	930	**920**
660	650	640	630	**620**	610	600	590	**580**	910
670	**380**	370	360	**350**	340	330	**320**	570	900
680	390	**180**	170	**160**	150	**140**	310	560	890
690	400	190	**60**	**50**	**40**	130	300	550	880
700	**410**	**200**	**70**	**20**	**30**	**120**	**290**	**540**	**870**
710	420	210	**80**	**90**	**100**	110	280	530	860
720	430	**220**	230	**240**	250	**260**	270	520	950
730	**440**	450	460	**470**	480	490	**500**	510	840
740	750	760	770	**780**	790	800	810	**820**	830

KPI seçimine yönelik olarak Gann Dokuzun Karesi kuralı, ETIi,min değerine uygun olarak, merkezde 20 rakamı ile başlayan bir sayılar ağı kullanılarak oluşturulur. 30 rakamı, 20 rakamının sağında bulunan kutuya gider. Yukarı ve saat yönünün tersine gidilir ve 10 rakamı bir önceki sayıya eklenir ve elde edilen sayı kutuya yazılır. Bu spiral bir şekilde merkezin çevresinde tekrarlanır. Oluşan ağ içersinde iki adet haç şekli ortaya çıkar, bunlardan birisi kardinal haçı diğer ise sabit haç şeklindedir. Kardinal haçı, karenin ortasında kesişen dikey ve yatay sıralardan oluşur; 45^0 hizasından uzanan çizgi Sabit Haçı oluşturur. Kardinal haç ve sabit haç, KPI ile ilgili olarak Olası ETI puanlarını belirlemek için kullanılır. Tablo 4.13'de KPI tespiti için Dokuzun Karesi kuralının sonuçlarını göstermektedir.

Bu sonuçlara dayanarak, Akıllı Bina değerlendirmesine yönelik KPI'lar, beş ETI grubuna ayrılır, yani [20,100], (100, 260], (260, 500], (500, 820], ve (820, 1000]. Bu gruplara uygun olarak, beş adet KPI grubu yani Grup t (t=1-5) tanımlanabilmektedir. Tablo 5'de tanımlandığı şekli ile 43 gösterge grubundan, 18 gösterge, 100'den yukarı ve 260'dan az olan ETI skorları yani $260 \geq ETI_i > 100$ ile, KPI Grup 1 olarak kabul edilirler; 25 gösterge, 100'den az ama 100'ü içeren ETI skorları yani $100 \geq ETI_i > 0$ ile, KPI Grup 2'ye ayrılırlar. Tablo 4.12'de sunulan ETI skorları, uzmanların fikirleri ile karşılaştırılabilecek olan enerji-zaman tüketim skoru (SEC/STC) ve Eq. (6) ile hesaplanmaktadır. Sonuç olarak, Akıllı Bina Endeksine dayanarak, IBAssessor modeli için, iki grup KPI tanımlanmaktadır (tablo 4.14).

IBAssessor yaklaşımı

Saaty tarafından geliştirilen ANP, kontrol kriteri ile ilgili olarak etkileşim halinde olan elementlerin etkisinin relatif ölçümlerini temsil eden bireysel oran skalalarından öncelik oran skalaları elde etmek için kullanılan genel bir relatif ölçüm teorisidir. Bir ANP modeli, her iki düğüm ya da küme arasındaki ilişkiler ağı ve karşılıklı-bağımlılıklara ve geri beslemeye dayalı etkileşimleri kontrol eden kriter/alt kriteri kontrol ağı da dahil olmak üzere iki kısımdan oluşur.

Karar-verme süreci gerçekleştirmek amacıyla, bir ANP modeli yaratmak için, genelde bir kontrol hiyerarşisi kullanılır. Kontrol hiyerarşisi, kendisi için sistemin hedefleri anlamında önceliklerin belirlendiği bir kriterler ve altkriterler hiyerarşisidir. Kriterler, bir ANP modelinin kümelerini ve alt kriterler kümelerin düğümlerini karşılaştırmak için kullanılır. ANP kullanılarak akıllı bina değerlendirmesinin nasıl yapılacağına dair, Şekil 4.7'de, dört aşamalı bir ANP prosedürü sergilemektedir. Burada, SIBER modeli temelli ve ETI destekli gösterge seçim süreci entegre edilmiştir ve Şekil 4.7'de sunulan ANP temelli akıllı bina tetkik modeline TIBER modeli denilmektedir.

ANP temelli çok-kriterli karar verme sürecinde dört genel adım vardır : model inşaası; iki küme ve düğümün her birisi arasında çiftli karşılaştırmalar; çiftli karşılaştırmalardan elde edilen sonuçlara dayalı bir süpermatriks hesaplaması; tetkik için bir sonuç analizi. Bir referans çerçevesi olarak, Şekil 4.7 aynı zamanda, AIIB metoduna yönelik dört-aşamalı bir prosedür de özetlemektedir. Bu prosedür, bir ANP modelinin yapımını desteklemek amacıyla yapılan Akıllı Bina değerlendirmesinin göstergeleri için önemli bir kaynak olarak görülmektedir.

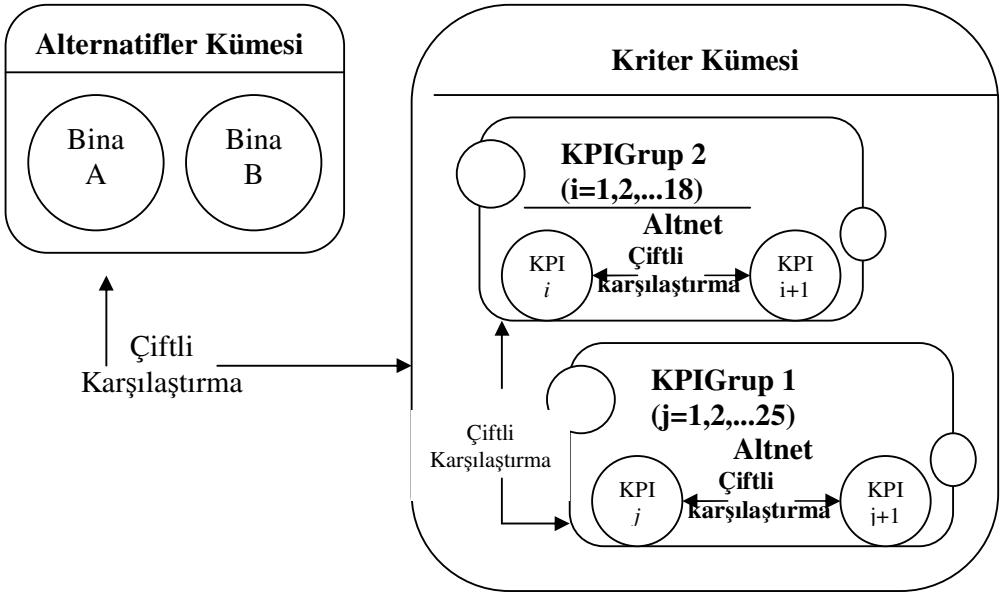
Akıllı Bina değerlendirmesini gerçekleştirmek isteyen kullanıcılar için, Şekil 4.7, iki opsiyon sunmaktadır, ANP metodu ya da diğer derecelendirme metodları. Değerlendirme teorilerine bağlı olarak, AIIB metodu gibi derecelendirme metodları, her seferinde sadece bir Akıllı Bina değerlendirmek için kullanılabilir. Her seferinde birden fazla Akıllı Bina değerlendirmesi yapmak için, belirli bir bina sınıfındaki standart bir Akıllı Bina gibi bir referans Akıllı Binası ile ilgili bilgi ya da aynı Akıllı Bina için alternatif bina planları, ANP modeline eklenmelidir. Bunu elde etmek için, Şekil 4.7 aynı zamanda, Akıllı Bina değerendirmesine yönelik bilgi toplama amacıyla, ANP metodunun diğer derecelendirme metodları ve derecelendirme sistemlerinden nasıl bilgi aldığını göstermektedir. Diğer derecelendirme metodlarının hepsi, kendi-geliştirilmiş Akıllı Bina göstergelerine sahip olduklarından, ANP model inşası için faydalı ve önemlidir. Derecelendirme metodu ve ANP metodu arasındaki paralel değerlendirme prosedürlerine ilave olarak, Şekil 4.7, bir değerlendirme veri tabanı öne

sürmektedir. Bu veri tabanı, model inşası, model değerlendirmes, model revizyonu ve model yeniden-kullanımı süreçlerini içeren bir ANP model geliştirme döngüsü için gereklidir. ANP modeli, aynı bina sınıfındaki standart bir bina ile benzer olan bir binayı değerlendirirken kullanıldığında da, önerilen Akıllı Bina veritabanı, standart bir Akıllı Bina ile ilgili bilgi sağlayabilmektedir; aksi taktirde, değerlendirmeyi desteklemek için binaya bir alternatif sunulmalıdır. Ancak, bu metod, ANP-temelli bir değerlendirmeyi desteklemek için böyle bir Akıllı Bina veritabanının nasıl geliştirileceği üzerinde durmaz ve onun yerine, ANP metodu kullanılarak yapılan Akıllı Bina değerlendirme prosedürü ve ETI temelli seçimden elde edilen göstergeler grubu üzerine odaklanır.

4.1.8.4 Basamak A: ANP modelinin inşası

Basamak A'nın amacı, Akıllı Bina değerlendirmesine yönelik bir ANP modeli geliştirmektir. ANP modeli; kontrol hiyerarşilerinin ve de modelin, alt kümeleri de dahil olmak üzere, kümelerini karşılaştırmak için kullanılan kriterlerin, ve her bir küme ve alt küme içerisindeki düğümleri karşılaştırmaya yönelik alt kirterlerin, ve de her bir kontrol kriteri ya da alt kriteri için, düğümleri ile birlikte kümelerin ve alt kümelerin belirlenmesine göre oluşturulur. Bir ANP modeli sonlandırılmadan önce, model inşaası için bir dizi gösterge tanımlanmalıdır. Amaç, Akıllı Bina Endeksine dayanarak Akıllı Bina değerlendirmesi için alternatif bir yaklaşım sunmak olduğu için, belirlenmiş olan KPI'ler grubu, önerilen ANP modeli için seçilmiş bulunmaktadır. Şekil 4.8, önerilen IBAssessor ANP modelinin bir özetini vermektedir. IBAssessor modeli içerisinde iki küme vardır. Bunlardan birisi Kriter kümesi diğeri de Alternatifler kümesidir. IBAssessor modelinin amacı, değerlendirme sürecinde, pek çok alternatif arasından en uygun Akıllı Binayı seçmek ya da değerlendirme aşamasında önerilen akıllı bina ve aynı katalogdaki standart bir akıllı bina arasında karşılaştırmalar yapmaktır. Bu amaca uygun olarak, Alternatifler kümesi, bu çalışmada iki düğümden oluşmaktadır. Bunlar her birisi IBAssessor tarafından değerlendirilecek olan iki akıllı bina olan Bina A ve Bina B'dir. Diğer yandan, Kriter kümesi, KPI Grubu t (t=1,2) (C_{KPIGt} ile göstrilen) alt kümesini de içeren iki Alt Ağ içermektedir. Bu iki alt küme içerisinde, KPI Grup 2 alt kümesi KPI Grup 2'nin 18 göstergesi ile uyumlu olarak 18 düğümden oluşmaktadır, ve KPI Grup 1 alt kümesi, KPI grup 1'in 25 göstergesi ile uyumlu olarak 25 düğümden oluşur. Kriter kümesinde

yer alan tüm bu KPI'lar, Akıllı Bina Endeksinin ETI değerlendirmesine göre toplanmaktadır.



Şekil 4.8: IBAssessor ANP modeli

Bu adımlar ve onların toplam 45 düğümü ile bağlantılı olarak, IBAssessor ANP modeli, iki küme ve onların düğümlerinin arasındaki bağlantılsallık ile kurulmuştur. İki küme içerisindeki bağlantılar, en sonunda, KPI Grup 2 alt kümesi ve KPI Grup 1 alt kümesi ve Alterantifler kümesi de dahil olmak üzere kümeler, altkümeler ve düğümler arasında bağlantıları olan bir ağ oluşturur. Ağ bağlantıları; ikili kümelerin her birisi ya da alt kümeler ve ikili düğümlerin her birisi arasındaki karşılıklı bağlılığı tarif etmek için, tek yada iki yönlü oklar ve döngülü oklar kullanılarak modellenir (şekil 4.8).

4.1.8.5 Basamak B: Çiftli Karşılaştırmalar

Basamak B'nin amacı, Akıllı Binaların yaşamı boyunca birbirleri ile karşılıklı bağımlı oldukları için, kümeler ve alt kümeler arasında çiftli karşılaştırmalar yapmak ve ikili düğümlerin her birisi arasında çiftli karşılaştırmalar yapmaktır. Çiftli karşılaştırma, IBAssessor ANP modelinde gösterilen bağlantılara yönelik, sayısal bir tanımlama yaklaşımıdır (şekil 4.8). Çiftli karşılaştırmalar yapabilmek için, a*ij* olarak ifade edilen karşılıklı bağlılığın rölatif önem ağırlığı, çiftli yargılar skalası kullanılarak belirlenir. Burada, bağıl önem ağırlığı, 1 ile 9 arasında bir değer almaktadır. Tablo 4.14, genelde

çiftli karşılaştırmalarda uygulanan çiftli yargıların temel skalasını yeniden üretmektedir.

Profesyonel bilgi ve tecrübeye sahip karar verme mekanizmaları, bu skalarları, karşılıklı bağlılığın ağırlığını belirlemeye yönelik çiftli karşılaştırmalar yapmak için kullanabilirler. Bu çalışmada, araştırmacılar bunu belirlemişlerdir çünkü bu çalışmanın temel amacı, Akıllı Bina değerlendirmesine yönelik olarak ANP modelinin sürecini ve faydasını ortaya koymaktır; uygulamada, bina tasarım ekibi, bu karşılaştırmaları yapacaktır. Tablo 4.15 örnek durum çalışması ile ilgili bazı detaylar sunmaktadır.

Tablo 4.16 IBAssessor ANP modeli içerisindeki her bir ikili düğüm arasında çiftli karşılaştırma için genel bir form sunmaktadır. İki tür çiftli karşılaştırma vardır, bunlardan bir tanesi, KPI ve bina arasında çiftli karşılaştırma, diğeri ise, iki KPI arasında çiftli karşılaştırmadır. Örnek olarak, KPIG203 düğümü için, yani havalandırma ve klima için olan çiftli yargılar Tablo 4.16'de verilmiştir. Burada, Bina B'nin skalası 8 iken, Bina A'nınki 4'tür. Çünkü, Bina A'da havalandırma kullanımı Bina B'dekinden daha azdır. Bu bağlamda, her bir Akıllı bina adayı için olan göstegelerin her birisi için öncelikleri belirlemek amacıyla, sayısal çiflti yargılar kullanılabilir, ve bu yargılar, her bir Akıllı Bina adayının her bir göstergesinin sayısal özelliğine bağlıdır. Bir gösterge ve bir Akıllı Bina adayı arasında çiftli yargılara ilave olarak, IBAssessor modeli aynı zamanda, her bir gösterge arasındaki diğer tüm çiftli yargıları da içermektedir. Örneğin, Gösterge Ii, Gösterge Ij'ye kıyasla çok daha güçlü şekilde dominanttır; bu sebeple, yargı değeri yedidir. Özet olarak, ANP modellemesinin bağlangıcı, her bir Akıllı Bina adayının göstergelerinin sayısal özelliklerine ve her bir göstergenin karakteristik özelliklerine dayalıdır.

Tablo 4.14: Çiftli karşılaştırma ölçeği

Çiftli Karşılaştırma	Ölçek
Eşit	1
Az çok baskın olana eşit	2
Moderatly Az çok baskın	3
Az çok güçlü baskın	4
Güçlü baskın	5
Çok güçlü baskın	6
Çok güçlü şekilde baskın	7
Çok güçlü şekilde fazlaca baskın	8
Fazlaca baskın	9

4.1.8.6 Basamak C: Supermatris Hesaplaması

Bu basamağın amacı, IBAssessor ANP modelinin elemanların (düğümler, alt kümeler ve kümeler dahil olmak üzere) arasında mevcut olan karşılıklı bağlılıkların etkilerine dayanan bir ayrışma sağlamak için sentezlenmiş bir süpermatris oluşturmaktır. Supermatris dokuz adet alt-matristen oluşan, bölmelere ayrılmış iki boyutlu bir martistir (Tablo 4.16).

Her bir Akıllı Bina adayı için olan tüm karşılıklı bağlılıklar için yapılmış çiftli yargılardan tanımlanmış olan ağırlıklar, alt matrisler halinde toplanırlar. Örneğin, eğer Alternatif küme ve onun düğümleri, alt küme KPI Grup 1'deki düğümlere bağlanmış ise, kümenin çiftli yargıları her bir Akıllı bina adayı ve KPI Grup 1 altkümesi içerisindeki her bir gösterge arasında bağıl önem ağırlığının oluşmasına sebep olur. Bu sebeple, belirlenmiş olan ağırlıkların toplanması, Tablo 4.16'da 'W_{13}'' ve ''W_{31}'' pozisyonlarında yer alan 2 * 25 matriksini oluşturur. ANP prosedüründe büyük önem taşıyan karşılıklı bağlılıkların seviyelerini belirlemek amacıyla IBAssessor ANP modelinde her bir düğüm, alt küme ve küme arasındaki tüm bağlantılar için çiftli karşılaştırmaların gerekli olduğunu hatırlatmak önemlidir. Çiftli yargıların tamamlanmasından sonra, dokuz adet alt matris, bir supermatris haline getirilir ve bu da bu çalışmada supermatris A olarak belirtilmiştir.

Tablo 4.15: KPI grupları

Sınıflandırma	Referans Numarası	Göstergeler	Tasarım alternatiflerinin skoru	
			Tasarım A	Tasarım B
KPI Grup 2	KPIG201	Elektrik ve elektrik sistemleri	90	90
	KPIG202	Isıtma sistemleri	90	90
	KPIG203	Havalandırma ve klima sis. leri	80	90
	KPIG204	Bina servisleri otomasyon sis. leri	90	100
	KPIG205	Yapı malzemeleri	100	70
	KPIG206	IT&C hizleri ve servisleri	90	90
	KPIG207	Isıl konfor ve iç hava kalitesi	80	100
	KPIG208	Asansörler ve kontrolleri	90	80
	KPIG209	Güvenlik kontrolü	90	90
	KPIG210	Yedek elektrik gücü	80	90
	KPIG211	Yeşil malzemeler	100	80
	KPIG212	Sifon su sistemi	80	90

	KPIG213	Dış dekorasyon	80	80
	KPIG214	Yapının mimari tasarımı	90	80
	KPIG215	Lavabo yerleşimi	60	90
	KPIG216	Atık toplama	70	80
	KPIG217	Özürlüler için sirkülasyon	90	90
	KPIG218	Bilgisayar destekli tasarım/montaj	90	70
	KPIG101	Atık yoketme	80	80
KPI Grup 1	KPIG102	Yenileme için esneklik	50	70
	KPIG103	İç dekorasyon	80	70
	KPIG104	Strüktürel görüntüme ve kontrol	50	70
	KPIG105	Bilgisayar destekli imalat	90	70
	KPIG106	İçme suyu sistemi	70	90
	KPIG107	Yeşil tasarım	90	80
	KPIG108	Aydınlatma	70	90
	KPIG109	Yangın denetimi ve dayanımı	80	80
	KPIG110	Temizlik	70	80
	KPIG111	Emlak yönetimi	80	80
	KPIG112	Bilgisayar destekli tasarım	90	80
	KPIG113	Otopark/ulaşım hizmetleri	70	80
	KPIG114	Eğlence hizmetleri	70	80
	KPIG115	Dış peyzaj	90	70
	KPIG116	Yapay zekanın kapsamlı kullanımı	50	70
	KPIG117	Elektromanyetik uyum	70	80
	KPIG118	Çevreye dost	90	90
	KPIG119	Konferans ve toplantı hizmetleri	70	90
	KPIG120	Drenaj	70	80
	KPIG121	Yeşil özelliklerin varlığı	70	70
	KPIG122	Giriş işareti ve yönlendirme	80	90
	KPIG123	Bakım	70	90
	KPIG124	Kullanılabilir alanlar	90	70
	KPIG125	Kaçış yolları	80	100

Tablo 4.16: IB değerlendiricisi ANP modeli için Super matris formülasyonu ve alt matrisi

Supermatris A nın genel formatı

$$W = \begin{pmatrix} W_{1,1} & W_{1,2} & W_{1,3} \\ W_{2,1} & W_{2,2} & W_{2,3} \\ W_{3,1} & W_{3,2} & W_{3,3} \end{pmatrix}$$

Alt matrisin genel formatı

$$W_{IJ} = \begin{pmatrix} W_1|_{I,J} & \dots & W_1|_{I,J} \\ W_2|_{I,J} & \dots & W_2|_{I,J} \\ \dots & \dots & \dots \\ W_i|_{I,J} & \dots & W_i|_{I,J} \\ \dots & \dots & \dots \\ WN_{i1}|_{I,J} & \dots & WN_{in}|_{I,J} \end{pmatrix}$$

$C_i = (C_{sel.} \quad C_{KPIG2} \quad C_{KPIG1})$

$N_i = (N^2_{sel.} \quad N^{18}_{KPIG2} \quad N^{25}_{KPIG1})$

Not : *I* harfi, sıraların indeks numarasıdır, ve *J* de, kolonların indeks numarasıdır; hem *I* hem de *J*, küme ve onların düğümlerinin sayısına (I,J € (1,2,….45)) denk gelmektedir. N_I, I kümesi içerisindeki toplam düğüm sayısı, ve n de, küme *I*'daki toplam sütun sayısıdır. Sonuçta, 45*45 süpermatrisi oluşmaktadır.

Ve bu daha sonra, Basamak C'de yapılacak olan hesaplamadaki ilk supermatrisi oluşturmak için kullanılacaktır, ve bu sebeple, IBAssessor ANP modelinin hesaplaması, Basmak C'den D'ye geçerken yapılabilmektedir. Akıllı bina değerlendirmesine yönelik faydalı bilgiler elde etmek amacıyla, supermatris hesaplaması üç alt adım sonrasında yapılır, bu alt adımlar, başlangıçtaki supermatrisi ağırlıklı bir süpermatris ve daha sonra sentezlenmiş bir süpermatris haline getirir. İlk başta, IBAssessor modelinin bir başlangıç süpermatrisi yaratılır. Başlangıç süpermatrisi, kümeler ve düğümler arasında yapılan çiftli karşılaştırmalardan elde edilen yerel öncelik oklarından meydana gelmektedir. Bir yerel öncelik vektörü, bileşenleri (wi olarak gösterilir) yargı karşılatırması martiksi A'dan elde edilen ve Eq 7 ile hesaplanmış, tek bir sütun ($w^T = (w_{1...}, w_{i...}, w_n)$ifade edilen) içeren bir dizi ağırlık öncelikleridir. Burada $W_i|_{I,J}$, I sırasındaki I düğümünün ağırlıklı/hesaplanmış öncelik düğümüdür ve sütun J;a_{ij} düğüm i'nin düğüm j ile olan karşılıklı bağlılık ilişkisine

verilmiş bir matris değeridir. Başlangıçtaki supermatris; alt matrisler, Tablo 4.16'de gösterildiği şekilde bir supermatrise dönüştürülerek oluşturulur.

Başlangıç süpermatrisi formatlandıktan sonra, bir ağırlıklı süpermatris oluşturulur. Bu süreç, başlangıç supermatrisinin bir kümesindeki tüm düğümleri, kümenin, kümeler arasındaki çiftli karşılaştırmalar ile elde edilen ağırlığı ile çarpmaktır. Ağırlıklı supermatriste, her bir sütun stokastiktir, yani, sütundaki değerlerin toplamı 1'dir.

Supermatris hesaplamasının son adımı, sınırlayıcı bir süpermatris oluşturmaktır. Bu, Supermatristeki tüm kolonlar aynı değerlere ulaşıp orta noktaya yaklaşıncaya/stabilize oluncaya kadar, ağırlıklı süpermatrisi üslerine yükseltmektir.

Sınırlayıcı bir Supermatrise ulaşma yaklaşımı, limite ulaşılıncaya kadar, matrisin ard arda kuvvetlerini almak ile mümkündür; orjinal ağırlıklı süpermatris, onun karesi, onun kübü vs.

Tablo 4.17: İİ (KPIG203) ve İİ (KPIG111) göstergelerinin ikili karşılaştırması

Çiftli karşılaştırma		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Gösterge İİ	Bina A	X	X	X	√	X	X	X	X	X
	Bina B	X	X	X	X	X	X	X	√	X
Gösterge İİ	Gösterge IJ	X	X	X	X	X	X	√	X	X

Not: (√) sembolü seçilmiş ikili karşılaştırmayı göstermektedir, (X) sembolü ise ikili karşılaştırma için seçilmiş parçaları ifade etmektedir

4.1.8.7 Basmak D : Seçim

Bu basamağın amacı, IBAssessor modelinin sınırlayıcı süpermatrisinden elde edilen hesaplama sonuçlarına dayanarak en uygun Akıllı Bina adayını seçmektir. ANP modelinin hesaplamalarının ana sonuçları, her bir Akıllı binanın önceliklerini farklı KPIs karşı sentezleyerek elde edilen, Akıllı Binaların Genel öncelikleridir.

En yüksek bina ömür boyu enerji verimliliği önceliğine sahip en uygun Akıllı Bina Adayının seçimi, Eşitlik 8'de tanınlanmış olan bir kısıtlayıcı öncelik ağırlığı vasıtası ile yapılır. Burada Wi, Akıllı bina adayı *i*'nin (*i*=1,….,n) (n IB adaylarının toplam

sayısı) sentezlenmiş öncelik ağırlığı ve wCIB;i sınırlayıcı süpermatriksteki Akıllı Binay adayının sınırlı ağırlığıdır.

wCIB;I basamak B'de yapılmış olan çiftli yargılardan oluşturulmuş olsa da, Akıllı Bina adayı i'nin önceliği olarak görülmesi ve be sebeple Eşitlik 8'de kullanılması makuldur. Sınırlayıcı superamtriksteki hesaplama sonuçlarına göre, en uygun akıllı bina, aday B'dir (Tablo 4.17).

Her bir akıllı bina adayının Tablo 4.14'de listelenen özelliklere göre, Wi kullanılarak yapılan karşılaştırma sonuçları, aynı zamanda, en tercih edilen binanın, bina ömür boyu enerji verimliliğinin; bina performansını, bina hizmet sistemleri, en az enerji tüketimi, en az atık oranı ve daha düşük olumsuz çevresel etkiler anlamında en iyi çözümler ile düzenlediği adaydır. Bu, IBAssessor ANP modelinin, akıllı binların ömür boyu enerji verimliliği ve insanların duygusal ve fiziksel sağlığının sağlanması anlamında oldukça mantıklı bir karşılaştırma sonucu sağlamakta olup, pratikte uygulanabilir.

Bu çalışmayla, binaların ömür boyu enerji verimliliğini vurgulayan, Akıllı Bina değerlendirmelerine yönelik olarak IBAssessor adında bir ANP modeli sunulmaktadır. IBAssessor ANP modeli kümeler ve alt kümeler arasında geri besleme ve döngüler içeren (şekil 4.8) ANP'ye dayalıdır ancak, ANP'yi basite indirgeyecek bir kontrol modeli yoktur. IBAssessor ANP modeline yönelik KPI'lar, Stratejik Akıllı Bina Değerlendirme ve Renovasyon modeline ve bir Taktiksel Akıllı Bina Değerlendirme ve Renovasyonuna (TIBER) dayalı enerji-süre tüketim endeksi (şekil 4.7) adında sayısal bir yaklaşım kullanılarak seçilmektedir. Ancak, bu modelde hangi çiftli yargıların oluşturulduğuna dair örtülü kontrol kriterleri vardır, yani, binaların yaşam boyu enerji verimliliklerinin insanların sıhhatleri anlamında ürünler ve süreçlere odaklanması. Süpermatris hesaplamaları, Akıllı bina adaylarının toplam öncelikleri için yapılmaktadır, ve öncelikler, adayların önceliklerinin IBAssessor ANP modelinin tüm alt ağlarından sentezlenmesi ile elde edilmektedir. Son olarak, sentezlenmiş olan öncelik ağırlığı Wi, her bir akıllı bina adayından elde edilen tasarım ve inşaat planı kaynaklı ömür boyu enerji verimliliğinin ölçüsünü ayırt etmek için kullanılmaktadır. Araştırmacılar, IBAssessor yaklaşımının, Asya Akıllı Bina endeksi gibi mevcut derecelendirme metodlarına kıyasla avantajları olduğuna inanmaktadırlar, çünkü IBAssessor, hem değerleri hem de KPI'lar arasındaki ilişkileri içermektedir, mevcut bina derecelendirme sistemleri ise bunu yapamamaktadırlar. Özet olarak, IBAssessor

ANP modelini pratiğe aktarmak için, bu çalışma, aşağıdaki adımların yapılmasını önermektedir :

1.AIIB tarafından sunulan Akıllı Bina indeksinin puanlama kriterini kullanarak, Akıllı Bina adaylarının tüm KPI ler için değerlendirilmesi.

2. Tablo 4.14-4.16'i kullanarak, tüm göstergeler arasında çiftli karşılaştırmalar yapılması;

3. Bir başlangıç supermatrisini, sınırlayıcı bir süpermatrise dönüştürmek için supermatris hesaplamasının yapılması;

4. Sınırlayıcı supermatrisi kullanarak, Akıllı bina adaylarının her bir sınırlayıcı öncelik ağırlığının hesaplanması;

5. Tablo 4.17'ı kullanarak Akıllı Bina adayının seçilmesi

6. Eğer adaylardan hiç birisi ömür boyu enerji verimliliği ve sıhhat gerekliliklerini karşılamıyorsa, planlarda düzeltmeler yapılıp yukarıdaki prosedürü tekrarlayarak yeniden değerlendirme yapılması şeklindedir.

Her ne kadar IBAssessor ANP modeli, Akıllı Bina indeksinden çıkartılmış olan bir grup KPI'ye göre inşaa edilmiş olsa da, yazarlar, mevcut IBAssessor modelinde benimsenmiş olan KPI'lerin, ürünlerin ve süreçlerin ömür boyu enerji verimliliği ve insanların sıhhatlerini tam olarak kapsayacak mükemmelikte olmadığını kabul etmektedirler. Mevcut tüm bina derecelendirme sistemleri ile ilgili daha fazla araştırma ve yenilenmiş bir IBAssessor modeli oluşturmak amacıyla son bir KPI grubu elde etmek için, uyugulayıcılar ile daha fazla anket yapılması gerekmektedir.

Bu model sayısal yaklaşımı, içeriği ve gösterge değerleriyle, varsayımlardan çok uzak nicel değerlerin sunulup birden fazla akıllı binanın aynı anda ve sürede doğru bir şekilde değerlendirilebilmesine imkan sağlamaktadır.

4.1.8.8 Metodun Avantaj Ve Dezavantajları:

- Akıllı bina göstergeleri için kapsamlı bir gösterge kümesine sahip
- Yapı yaşam dönemi süresince enerji verimliliği; Enerji/Zaman tüketim indeksine gore sayısal bir yaklaşımla değerlendirilebilir
- Diğerlerinden farklı olarak temel kriterler; insan, süreç ve ürün kümelerinden oluşur
- Yapı, sistemlerinin her aşamasındak çeşitli faktörlere bağlı olarak, farklı modellerdeki hem doğal hem yapma çevre yük analizinin yapılmasına olanak sağlayacak sayısal bir yaklaşım içerir

- Kullanım sonrası değerlendirme yapılabilmesi sayesinde, sistem değerlendirmesinin sırasında geri besleme yapılabilmektedir
- Yapı performans değerlendirmesi yapılırken kullanılan ETI sayesinde enerji tüketim hızı ölçülebilmekte ve enerji tüketim hızı süreçler için tekrar ayarlanabilmektedir
- Yapı zekasının ölçümü yapılamaz
- Kullanımındaki zorluklar ve verilen formülüzasyonların hesaplamalarındaki veri gereklilik sürecindeki sıkıntıların yaşanılması gibi olumsuz etkileri mevcuttur
- makul karşılaştırmaların yapılabilmesine olanak sunabilen en gelişmiş akıllı bina değerlendirme metodu olarak gösterilebilir.
- AIIB tarafından sunulmuş olan en kapsamlı, akıllı bina indeksli puanlamanın çok daha ilerletilmiş hali olarak, mevcut değerlendirme metodları içinde sonuçları en tutarlı ve kabul edilebilir olan

4.1.9 Akıllı Binalarda Kullanım Sonrası Değerlendirme (POE)

Preiser, akıllı binaların zeka seviyelerini belirlemek amacıyla "kullanım sonrası değerlendirme süreci modeli (POE)"yi geliştirmiştir. POE süreç modeli, genelde üç aşamada uygulanmaktadır [59]. Bina kullanım sonrası tasarımının değerlendirilmesi, ilerideki binaların kalite ve performanslarını iyileştirmenin de temelini teşkil eder. Kullanım-sonrası değerlendirmeleri, bina performansını ve kullanıcıların memnuniyet seviyesini değerlendirmek, mevcut problemleri çözmek ve ilerideki binaların tasarımlarını geliştirmek amacıyla; anketler, gözlemler ve detaylı enerji analizi gibi nitel ve nicel metodlar kullanırlar [11].

POE modeli, akıllı binalarda bina performans değerlendirmesini özellikle uzun vadede daha iyi hale getirebilmektedir;

Bina teslim süreci ve bina ömrünün tamamında bir değerlendirme tutumuna ihtiyaç olduğu ve doluluk sonrası değerlendirmesinin, daha iyi kaliteye sahip akıllı binalar elde etmek açısından, kültürler-arası farklılıklar alanında büyük önem taşıdığı sonucuna varmaktadır.

Akıllı ofis binalarının, karşılaştırmalı, kültürler-arası değerlendirmesini kolaylaştıracak bina değerlendirme metodolojisi ve araçlarını özetlemektedir

Preiser ve Schramm , bina performans değerlendirmesine yönelik bütünsel bir çerçeve oluşturmuşlar ve bina teslim süreci ile bina ömrünün altı temel aşamasının hepsini kapsayan bir değerlendirme yöntemi önermişlerdir.

Akıllı ofis binaları da, dünyanın neredeyse her yerinde karşılaşılan bir bina türüne dahildirler. Bugün; farklı ekonomik sistemleri, emlak yatırım önceliklerini, mevzuatını veya en basit olarak gelenekleri yansıtan farklı ulusal ve bölgesel yaklaşımları yansıtmaktadırlar. Bunun da, farklı ofis kültürlerinin ve kavramlarının oluşması anlamına gelmektedir : örneğin Almanya'da, ofis binaları altı ya da yedi katlı olup, hücre ofislere sahiplerdir ve doğal havalandırma kullanırlar. ABD'de ise, ofisler genelde, yüksek binalarda olup, klima ile havalandırılırlar ve hem açık planlı hem de hücre ofislere sahiplerdir. Kendi farklı ortamlarında bu binaları değerlendirebilmek için, uygun bir şekilde yepyeni bina performans değerlendirme tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde akıllı ofis binalarında, odak noktası, esnek ofis alanı ve otomasyonlu gözlemleme sistemleri ile birlikte, sadece binanın fonksiyonelliği değildir, ancak aynı zamanda, bina kullanıcıları ve onların ihtiyaçlarıdır : kullanıcı organizasyonu binayı belirlemektedir; resmi olmayan iletişimlere yönelik olarak açık bir şekilde tasarlanmış toplantı alanları organizasyonlar içerisinde yenilikçi fikirlerin ortaya çıkmasını sağlar; ergonomi, kişiselleştirme, ve mahremiyet (fonksiyonellikten ayrı olarak) tüm çalışanların iş ortamını karakterize etmektedir; entegre ekolojik kavramlar hem kullanıcı sıhhatini hem de inşaat ve işletme maliyetlerinin düşürülmesini öngörür. Bu sebeple, kullanıcı memnuniyeti, akıllı ofis binaları için kritik ve bütünsel bir gerekliliktir.

Ölçülen fiziksel performans ile gözlenen performansı, yani tipik olarak kullanım sonrası değerlendirmesi ile elde edilen kullanıcı tepkilerini, karşılaştırmak için bir fırsat vardır. Eğer bu sistem bazlı bir şekilde yapılırsa, büyük müşteri organizasyonlar, çevrenin, iş kalitesi, moral, üretkenlik ve çalışan tatmini üzerindeki etkilerini gerçek anlamda ölçebilirler.

Aşağıda sunulmuş olan kullanım sonrası değerlendirmesi özetinin amacı, akıllı binalara yönelik bina performans değerlendirmesini daha iyi hale getirmektir. Eğer uzun vadeli ve düzenli bir şekilde yapılırsa, yeni yüksek teknolojili sistemlerin ve bunların binada yaşayanlar üzerindeki etkilerinin ve de genel anlamda bu sistemlerin etkinliğinin izlenilmesini sağlar.

Takip eden bölümde, kullanım sonrası değerlendirme süreci, modeli, kültürler arası ortamda akıllı bina değerlendirmelerine adapte edilmiştir (şekil 4.9). Bu, kullanım sonrası değerlendirme sürecindeki üç aşamanın ve dokuz adımın özetini de içermektedir. Bir değerlendirme talebi olur olmaz, değerlendirmenin bu ilk adımında müşteri ile temasın amacı kullanım sonrası değerlendirme projesini başlatmaktır; yani fizibilitesini yapmak ve diğer adımları planlamak. Müşteriye kullanım sonrası değerlendirmesinin doğası, aktiviteler, gerekli kaynaklar ve gerekli sorumluluklar ile ilgili bilgi verilir.

Son olarak, süreç modelinin ikinci aşamasına geçilmesi için, sağlayıcı değerlendirmeyi onaylamalıdır. Onay olmadan, değerlendirici binaya erişim ve binada yaşayanlardan işbirliği elde edemez.

Kültürler arası bir ortamda, sağlayıcı ve değerlendirici arasındaki kontaklar, relatif statü ve güç gibi etkenler göz önünde bulundurulduğunda, olasılıkla en önemli etmenler olacaktır.

Değerlendirme talebinin arkasındaki mantığa, yani çözülmesi gereken her türlü bina problemi ya da bina türü ile ilgili elde edilmesi gereken bilgi gibi, dayanarak, değerlendirmeci kullanım sonrası değerlendirmenin fizibilitesini belirleyecektir.

Genel olarak, kaynaklar ile ilgili sınırlamalar, büyük çoğunlukla değerlendirmeci ve sağlayıcı arasındaki ilişkiye dayanır. Bu sebeple, sağlayıcı organizasyonun tüm seviyelerinde işbirliği ve destek önemlidir ve işbirlikçi bir ruh büyük önem taşımaktadır.

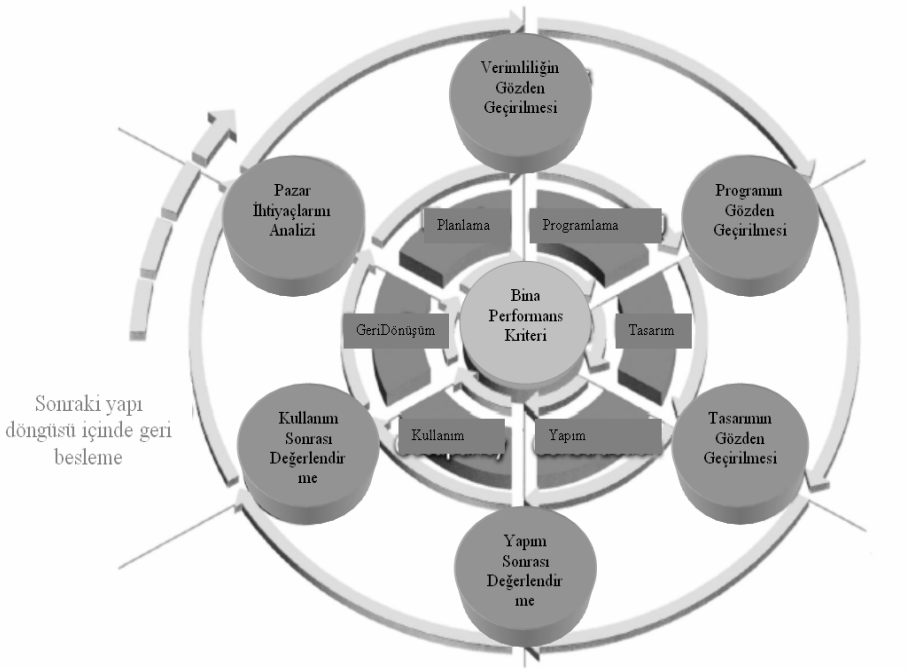
Bu noktada, değerlendirmeci için bir çalışma-planı ve takvim oluşturulmalıdır. Bunlar, personel, gerekli materyaller, finansman ve zaman gibi parametreler hakkında bilgi içerir.

Sağlayıcı ile olan ilişkiye ve mevcut desteğe bağlı olarak, değerlendirmeci, binanın orijinal tasarım yönergelerine ve standartlarına ulaşabilir. Bu yönergeler, beklenen bina performansının netleştirilmesine yardımcı olacaktır ve genelde bir tesis programı şeklinde belgelenen bir performans kriteri olarak kullanılabilecektir.

Bu tür yönergelere ve standartlara erişim olmadan, değerlendirmeci, performans kriterini literatürden ve/veya veritabanlarından geliştirmek durumundadır. Bu durum özellikle, araştırma ve teşhis seviyelerindeki kullanım sonrası değerlendirmeleri için önemlidir. Bu tür kullanım sonrası değerlendirmeleri, daha fazla zaman almaktadır

ancak, daha kapsamlı ve derinlemesine araştırmalardır ve bina değerlendirmeden önce açıkça belirtilmiş olan kriterlere dayanmaktadır. Eğer kültürler arası ortamda büyük çaplı spesifik literatür mevcut değilse, ya da gerekli oranda güncellenmemişse, değerlendirmecinin o ülke dışından literatüre ve veritabanına ulaşması ve aynı anda kriterleri ayıklaması gerekir. Bunu, ofis binalarına yönelik uluslararası en yeni bilgileri değerlendirirken, diğer yandan söz konusu kültürel ortamı da göz önünde bulundurarak yapar. Bu sebeple, değerlendirmecinin genel anlamda, yakın zamandaki ve benzer en son teknolojiye sahip ofis tesisleri ve özellikle bina-bağlantılı kültürel konular hakkında bilgi sahibi olması gerekir.

Veri toplama süreci ikinci kullanım sonrası değerlendirme aşamasının en önemli adımıdır, yani kullanım sonrası değerlendirmesinin yapılması. Değerlendirme çabasının seviyesine göre, değerlendirmeci, gerekli veriyi toplamaya yönelik uygun prosedürü seçecektir. Eğer odak noktası tek bir konu, veya özel öneme sahip birkaç başlık ya da sayısal bilgi ise, o zaman boş yere çaba harcanmasının önlemek için, uygun veri toplama araçları tespit edilecektir.



Şekil 4.9: Bina performans değerlendirme yapısı

Bir ofis binasının genel performansını değerlendirmek amacıyla, değerlendirmenin amacının daha genel olduğu durumlarda, değerlendirmeci, binadaki daha önceden tanımlanmış konular üzerinde daha az duracaktır, ancak, binayı kullananların söylediklerini dinleyecektir ve binada yaşayanların neler yaptıklarını ve nasıl

davrandıklarını gözlemleyecektir. Bu bulgular, üç temel değerlendirme kategorisinin bileşenleri ile bağlantılıdır; yani teknik, fonksiyonel ve davranışsal. Peki bu unsurların değerlendirilmesi nasıl yapılmalıdır. Örneğin, "indikatif" bir seviyede bir kullanım sonrası değerlendirmesi yapılırken bunların performansı nasıl ölçülmelidir? Çoğunlukla bu, binanın doğrudan ziyaret ile değerlendirilmesi anlamına gelmektedir. Bu durumda, doğrudan gözlemlenen bina özellikleri, değerlendirmecinin akıllı ofis binaları ile olan aşinalığına dayanan performans kriterleri ile karşılaştırılır.

Kendi kültürleri içerisindeki akıllı binalara kıyasla, kültürler-arası ortamda, değerlendirmeciler farklı performans kriterleri uygulamak durumundadırlar. Teknik, fonksiyonel ve davranışsal unsurlara yönelik standartları değiştirmeleri gerekir, çünkü, kültürel ortam, bu unsurların performans kriterini etkilemektedir. Bu sebeple, kültürler arası bir ortamda, doğrudan ziyaret ile yapılan bir değerlendirme, kapsamlı bir değerlendirmeden çok, bir bina ortamı ile yakınlık kurma ziyareti niteliğinde olmaktadır. Ofis binası ve oradaki insanlar ile yakınlaşma sağlandıktan sonra, bir araştırma ve teşhissel değerlendirme yapılabilir.

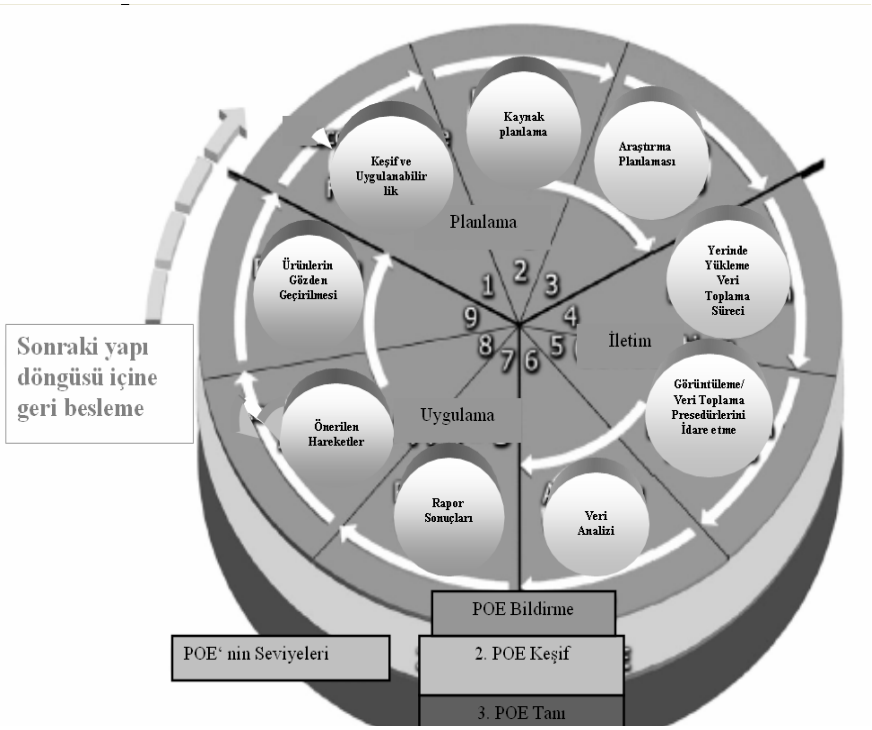
Buradaki önemli parametreler şunlardır :

- Akıllı binalar ile ilgili olarak değerlendirmecinin kendi profesyonel tecrübesine dayanan bilgisi
- Bina türü ile, daha önceki ziyaretlere ve benzer son teknolojiye sahip binalara olan ziyaretlere dayanan aşinalık; ve
- Değerlendirmecinin kendi kişisel tecrübesine dayalı olabilen, söz konusu kültür hakkında bilgi.

Bunların hepsi, birleştirilir ve net kültür-spesifik performans kriterleri olarak ifade edilirler. Dahası, bu geniş bilgi, takip eden kullanım sonrası değerlendirme aşamasında kullanılacaktır. Bu aşamada, değerlendirmeci, ham veri toplayarak (mümkün olduğunca eğilimsiz olmalı) ve söz konusu kültürel ortama uyarlanmış ve o ortam için uygun olan araçlar kullanarak, belirtilen kriteri açık şekilde ölçer.

Değerlendirmecinin cevaplandırması gereken ilk soru, hangi veri toplama araçlarının uygun olduğudur? Örneğin anketler, önemli bir veri toplama aracı olabilirler, ve çoğu endüstri ülkesinde iyi sonuç verebilirler, ancak geleneksel kültürlerde, okuma yazma oranı düşük olabileceğinden uygun olmayabilirler. Dahası, veri toplama araçlarının sayılarının sınırlı olduğu durumlarda, değerlendirmeci, gerekli veriyi toplayabilmek

için diğer kültürün üyeleri ile interaktif, ve kişisel bir iletişim kurma yöntemi geliştirmek durumunda olacaktır. Etkili bir iletişim şekli oluşturmak, ve de aynı zamanda verinin kalitesi ve miktarı, büyük oranda, değerlendirmecinin kültürler arası yeterliliğine, yani onun insanlarla etkili bir şekilde iletişim kurma ve ilişki oluşturma yeteneğine bağlı olacaktır.



Şekil 4.10: Kullanım-sonrası değerlendirme süreç modeli

Davranış şekilleri, kurallar sisteminden kaynaklanır, ve kurallar da, davranışları düzenlemek için vardır, ve böylece hedeflere ulaşılabilir ve ihtiyaçlar karşılanabilir. Bu tür kültürel bir ortamda veri toplanırken, değerlendirmeci, ilgili kurallar ve davranış ve ilişki kalıpları hakkında bilgilendirilmelidir.

Genel olarak, değerlendirme, teknik, fonksiyonel ve davranışsal kategorilere ayrılmış olan bina-spesifik performans unsurlarına odaklanır. Bunun yanı sıra, süreç-kaynaklı olan ortam-bağıntılı performans parametreleri de vardır (şekil 4.10). Verileri incelerken, değerlendirmeci, bu ortamsal parametreleri göz ardı etmemeyi unutmamalıdır, çünkü bu parametrelerin bina değerlendirmesi üzerindeki etkileri büyük olabilmektedir.

Değerlendirmeciler, belirli bir kültürdeki ortamsal parametreler ile yakınlaşmalıdırlar. Bu, güvenilir sonuçlar elde edilmesinde ve farklı bulguların faydalı çevre-davranış ilişkilerine dönüştürülmesi vasıtası ile bu sonuçların yorumlanmasında faydalı olacaktır.

Veriler analiz edildikten sonra, değerlendirmeci, bulguları müşteriye (sağlayıcı ya da kullanıcılar) iletir. Raporlanan bulgular, ofis binasının değerlendirmesinin sonucu olarak, olası aksiyonları değerlendirmek için bir temel sunar. Genelde, yazılı bir rapor, bulguları iletmenin etkili bir yoludur. Kültürel ortama bağlı olarak, diğer sunum formları daha etkili olabilmektedir.

Kullanım sonrası değerlendirmesinin başarısı, büyük ölçüde, kullanım sonrası değerlendirmesinin sağlayıcı ve kullanıcılara sağladığı faydalara göre değişecektir ve bu sebeple, sonuçların her iki grup tarafından da kabul edilebilir olması gerekmektedir. Son olarak, değerlendirmeci, bir aracı rolü üstlenebilir ve ofis binası değerlendirmesinin katılımcıları arasında bir uzlaşma sağlanması amacıyla sonuçların iletilmesinde yardımcı olabilir.

Sunulan bilgilere dayanarak, hareket stratejileri geliştirilmelidir. Bu adım, değerlendirmenin tüm katılımcıları ile yakın işbirliği içerisinde olur. Maliyetler ve öncelikler düşünülerek, tavsiyeler tartışılır.

Kullanım sonrası değerlendirmesi, binaların gerçek performanslarının daha iyi anlaşılmasına ve ömürlerinin farklı dönemlerinde akıllı binaların performansları ile ilgili geri besleme alınmasına yardımcı olur. Değerlendirmeciler, değerlendirme sürecinin bir parçası olduklarını unutmamalıdırlar. Bulguların geçerliliği, değerlendirme sürecinin sürücü güçleri olan ve değerlendirmenin kapsamını, derinliğini ve genişliğini belirleyen değerlendirmeciler kadar iyi olmaktadır. Değerlendirmeciler, hem sağlayıcı hedefleri hem de kullanıcı ihtiyaçları ile ilgilenirler ve bunları performans kriterine dönüştürüp, çeşitli eğilimler ortaya koyarlar.

Bu sebeple, “Uluslar arası Bina Performans Değerlendirme” (IBPE) Projesi, 1995 yazında başlatılmıştır. Bu projenin amacı, değerlendirme metodolojisi ve araçları koordine etmek, ve ofis binaları gibi bina türleri ile ilgili verilerin karşılaştırmalı, kültürler arası değerlendirmesini sağlamak için global bir bina performans değerlendirme araştırmacıları ağı oluşturmaktır.

Üç aşamalı bir yaklaşım öngörülmektedir : ilk aşamada, mevcut zamanda IBPE projesinde yer alan on ülke için uygun veri toplama araçları geliştirmek amacıyla kavramasal aşama tasarlanır. Burada, kültür-spesifik değerlendirme modülleri geliştirilir ve bunlar, her bir katılımcı ülke, kültür ya da dil bölgesine eklenir.

İkinci aşama, katılımcı ülkelerde akıllı ofis binası üzerine yapılan çalışmalarda değerlendirme araçlarının uygulanmasını ve test edilmesini içerir.

Üçüncü aşama, katılımcı ülkelerde toplanan verilerin karşılaştırmalı analizini ve tüm dünyada veri toplama araçlarının kullanımı ile ilgili öneriler ve yönergelerin geliştirilmesini hedefler.

Bu projenin, global seviyede, bir "evrensel araç kiti" ortaya koyması beklenmektedir. Bu çabanın değeri, önerilen metodolojinin, çok uluslu organizasyonlar tarafından, sahip oldukları ya da tüm dünyada işlettikleri tesislerin performans tetkiklerinde uygulanmasında yatacaktır.

Dahası, akıllı ofis binalarının kalite ve performansındaki öngörülen gelişme, değerlendirmeleri yapan; mühendisler, mimarlar, tesis yöneticileri ve/veya danışmanlar tarafından gerçekleştirilecektir.

4.1.9.1 Metodun Avantaj Ve Dezavantajları

- Kullanım sonrası değerlendirmesi, gelecekte, kültürler arası farklılıkların daha iyi anlaşılabilmesi ve global bağlamda, daha iyi kalitede akıllı ofis binaları üretilmesine yönelik daha geliştirilmiş bir süreç oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır.
- Günümüz inşaat piyasası, kullanıcılarının ihtiyaçları ve gereksinimleri doğrultusunda büyüyebilen akıllı ofis binaları talep ettiği için, kültürler arası doluluk sonrası değerlendirmesinin önemi ortadadır : belirli lokasyon, kültür ve bina kullanıcıları bağlamında bir ofis binasının değerlendirmesi bu metodla mümkündür
- Bir binanın performansının başarılarını ve başarısızlıklarını ortaya koyacak ve onun akıllı bir bina mı, yüksek teknolojili bir bina mı yoksa sadece sıradan bir ofis binası mı olduğuna dair kanıt sunacaktır.

SONUÇ

BQA, POE, ORBIT 2.1 ve PEA gibi, binaların toplam performanslarını tespit etmek için kullanılan araçlar, binaları yönetmek, değerlendirmek ve kullanmak durumunda olan karar verme mekanizmalarına yardımcı olmaktadır. Bu teknikler aynı zamanda, tasarım geri beslemesinde de önemli rol oynamakta olup, bunların seçimi, yapılacak değerlendirmenin amacına göre belirlenir.

Belirlenmiş olan eksiklikler şu alanlardadır :

- Nihai değerlendirme endeksi ile insan düşüncesi arasındaki tutarsızlık ;
- Her bir akıllı bina projesi için unsurların ağırlıkları ya da öncelikleri anlamında az miktarda farklılık göseren değerlendirme;
- Önemli unsurların üzerinde yeterince durulmazken, diğer yandan daha az önemli olanlar göz ardı edilmektedir;
- Mevcut değerlendirme metodu bir öğrenme eğrisine sahip değildir ve zaman içerisinde evrim gösterememektedir; ve
- Her bir kural ya da soruya ikili yaklaşım doğru bir uygulama değildir. Bir binada belirli bir sistem ya da tesisin olması onun akıllı bina olduğu anlamına gelmemektedir.

Yukarı belirtilen kriterlere uyan performans değerlendirme modelleri geliştirmek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Tablo 4.18'deki özete dayanarak, mevcut bina derecelendirme sistemlerinde bulunan organizasyon-olmama kuralı/yargısı, kısmi değerlendirmelere yol açabilir. Bu kısmi tetkiklerde, değerlendirmeciler, binanın performansını etkileyen, kültür, yapı ve binada yaşayanlar gibi tüm faktörleri inceleme fırsatını kaçırırlar.

Tablo 4.18 Akıllı Bina tetkiklerindeki mevcut uygulamlara dayanan temsili metodların bir özetini sunulmaktadır. Literatür değerlendirmesine göre, mimari, Mühendislik, Çevre, ekonomi, yönetim, sosyoloji, kullanıcı ya da veri analiz yöntemi üzerine odaklanan sekiz tetkik grubu belirlenmiştir. Tablo 4.18'de listelenmiş olan

akıllı bina değerlendirme sistemleri arasında, AIIB metodu, yani akıllı bina indeksi metodu, bu diğer değerlendirme gruplarından IBAssessor grubu haricinde hepsini kapsayan, en kapsamlı olanıdır; ve BRE metodu, yani MATOOL ve IBSK metodu, akıllı bina indeksine kıyasla, daha az sayıda değerlendirme grubunu kapsamaktadır. Bu sebeple, IBA metodu, akıllı bina değerlendirmesine yönelik en kapsamlı metoddur. Mevcut bina derecelendirme metodlarının bir problemi, insanların sadece duygusal ve fiziksel sıhhatini değil aynı zamanda binaların tasarım ve yönetimini de etkileyen, farklı bina türlerinde görülen fonksiyonel çeşitlilik üzerine daha az odaklanıyor olmalarıdır. Diğer bir deyişle, her bir derecelendirme metodu altında yürütülen her bir tetkik prosedürü, tüm bina türlerine uygulanan orjinal bir göstergeler platformu kullanır ve bu sebeple, çeşitli özellikleri anlamında bir binayı diğerinden ayırt etmez.Sonuç olarak, farklı bina türlerinin tetkik sonuçları, aslında, akıllı bina özellikleri açısından karşılaştırılabilir olma gücünden yoksundurlar.

Akıllı bina değerlendirmesine yönelik mevcut derecelendirme metodları ile ilgili diğer bir problem de, hesaplama süreçlerinin, makul bir tetkik sonucu sağlayacak kadar ikna edici olmamasıdır. Örneğin, AIIBB metodu, yani, Akıllı bina endeksi, Cobb-Douglas fayda fonksiyonuna dayanan 10 gösterge kümesi kullanarak Akıllı bina değerlendirmesine sayısal kompozit bir yaklaşım hedeflemektedir. Ancak, Akıllı bina endeks hesaplaması için tavsiye edilen metod, aşağıdaki hedefler sebebi ile aslında güvenilir değildir :

- AIBB metodunun kriteri nedensellik-olmayışına sebep olmaktadır,
- AIIB metodunun hesaplama metodu mantıksızdır,
- AIIB metodundan elde edilen hesaplama sonuçları özgün değildir, ve
- tetkik prosedürü, organizasyon-olmama kuralına/yargılamasına dayalıdır.

Bu sebeplerin kısa açıklamaları şöyledir :

AIIB metodunun kriterinin yol açtığı nedensellik olmaması durumu, değerlendirme kriterinden kaynaklanan her bir Akıllı Bina için olan tetkik puanlarının geçerliliğinin şüpheli olduğu anlamına gelmektedir. Her bir derecelendirme metodundan elde edilen tetkik sonuçları, bir grup Akıllı Bina göstergesi ile belirtilmiş olan bir dizi kritere dayanmaktadır; teste dayanabilecek en uygun gösterge grubunu seçmek önemlidir, ve Akıllı Bina ile daha az alakası olan bir derecelendirme metodunda benimsenmiş olan göstergeler tetkiklerdeki doğruluk oranını azaltacaktır. Örneğin, denetçi tarafından önerilen Özel özellik(ler), AIIB metodunda bulunan, Yeşil, Mekan, Konfor, Çalışma

verimliliği, Yüksek-teknoloji imajı, Emniyet, ve Yapı, Uygulama ve güvenlik dahil olmak üzere, neredeyse tüm kategorilerde bir Akıllı Bina göstergesi olarak benimsenmiştir.

Her ne kadar, bilgileri ve tetkik sırasındaki belirsizlik tanımını farklı şekilde anlamaları sebebi ile bütün denetçiler aynı bina ile muhatab olsa da, farklı denetçilerin, bu göstergelere farklı puanlar verecekleri kesindir. Bu fikre dayanarak, Akıllı Bina göstergelerinin değerlendirmeleri gereklidir. Buna ilave olarak, AIBB metodu, farklı bina modüllerine subjektif ağırlıklar verilmesini sağlar, ancak bu, tetkik sonuçlarının yorumlanması anlamında karışıklığa yol açabilir.

Teorik olarak, Akıllı Bina Endeksi metodu (IBI) gibi, mevcut zamanda kullanılan bina derecelendirme metodlarındaki mantıksal hatalar, geçersiz bir akıllı bina değerlendirmesine yol açabilir. Bu sebeple, objektif ve gerçek yaşam şartlarında, akıllı binanın özelliklerini değerlendirmek için sadece göstergelerin değerlerinin değil aynı zamanda kendi aralarındaki ilişkilerin de hesaba katıldığı, alternatif bir metod gereklidir (IBA). Bu bağlamda, analitik ağ süreci vasıtası, akıllı bina değerlendirmesine yönelik alternatif bir ölçüt öne sürmektedirler.

Sonuç olarak, ileri teknolojili cephelere sahip "sürdürülebilir binanın", dinamik performansın dört seviyesinin hepsine hitap eden bir akıllı kontrol sistemi olması gerekir, bu seviyeler şunlardır : cephe sistemleri, insanlar, bina ve sistem şebekesi/grid. Yeni teknolojiler ve daha iyi entegrasyon stratejileri, cam cepheleri enerji kaybedici imajlarından kurtarıp, enerji yönetici ve de sonunda enerji sağlayıcı bir imaja sahip kılmak için bir motivasyon kaynağı olmaktadırlar. Sürdürülebilir ve akıllı bir yapı anlamında yeşil binalar günümüzde yaşanan enerji sorunun ortaya çıkardığı en pahalı trend olarak sistem ve entegrasyon seviyeleriyle hızla gelişmeye devam etmektedir. Bu tür yapıların bize sağlamış olduğu büyük imkanların yanı sıra yanlış uygulamalar sonucunda geri dönüşü oldukça zor olan maliyet ve tüketim artışlarına sebep olmaktadır.

Performans değerlendirmesiyle yapılarda ne kadar enerji tüketileceğini hesaplayabildiğimiz gibi sistem içindeki yetersiz yada eksik bölümleri kontrol edbilme imkanını yakalamış oluyoruz. Ancak, farklı simülasyon araçları bu performansı bütünsel olarak yeşil ve akıllı bir bina için yapmak konusunda oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle akıllı binalar için geliştirilmiş olan performans değerlendirme metodlarını incelememiz ve bu konuda yeterli seviyeye ulaşmış istenen

verileri sağlayabileceğimiz ve sonuçlarından şüphe duymayacağımız bir modele gereksinim vardır.

Tablo 4.18: Mevcut Akıllı Bina Değerlendirme Metodlarının Karşılaştırılması

Değerlendirme kümeleri	**Her değerlendirme sisteminin ana modülleri**			
	Orbit 1-2 (UK 1983-85)	**IQ Derecelendirme M. (U.S. 1992)**	**BRE Metodu (UK 1995)**	**AIIB Metodu (Çin)**
Mimari	-Konfor - - -	-Sağlık -Konfor -Mekan -Mimari tasarım	-Yapma çevre -Mimari tasarım - -	-Konfor -Sağlık -Mekan -
Mühendislik (Akıllı bina teknoloji uygulamaları)	-Haberleşme -Teknoloji imajı -Güvenlik -Enerji talebi - - -	-Yüksek teknoloji imajı -Servis kontrolü -Güvenlik -Haberleşme -Mekansal kontrol -Duyarlılık	-Fonksiyonellik -Duyarlılık -Uygunluk -Organizasyon -Haberleşme - -	-Yüksek teknoloji imajı -Güvenlik ve inşaa - - - -
Çevre	- - -	-Yeşil -Yeniden kullanım -İklim	- - -	-Yeşil - -
Ekonomi	-	-Enerji tüketimi	-Ekonomik konular	-Maliyet etkinliği
Yönetim	-Güvenlik	-Kaynak ullanımı	-	-Uygulama ve güvenlik
Sosyoloji	-	-	-	-Kültür
Kullanıcı	-Çalışma ortamı	-Verimlilik -Bireysel ihtiyaçlar	-Verimlilik -	-Verimlilik
Veri analizi	-Anket -	-Anket -	-Anket -Puanlama	-Matris sonucu (Sayısal yaklaşım)

Değerlendirme kümeleri	**Her değerlendirme sisteminin ana modülleri**			
	MSIR İndeksi (Arkin ve Paicuk, 1997)	**CABA Metodu (Kanada)**	**MATOOL (U.S.)**	**IBAssessor (Hong Kong- 2004)**
Mimari	-Konfor - - -	- - - -	-Yapma çevre -Tasarım - -	-Konfor -Sağlık -Mekan -Tasarım
Mühendislik	-Sistem entegrasyonu -Otomasyon -Haberleşme -Yangın-kaza kont. -Bilgi işleme - - - -	-Otomasyon -İletişim -Güvenlik -İnşaa -Sistemler - - - - -	-Yapı zekası -Duyarlılık -Fonksiyonellik -Güvenlik -Enerji -Organizasyon -Sistem entegrasyonu -Haberleşme - -	-Yüksek teknoloji imajı -Güvenlik ve yapım -Yapı zekası -Esneklik -Güvenlik -Otomasyon -Bakım -Enerji -Sütrüktürel görüntüleme, kontrol
Çevre	- -	- -	-Sürdürülebilirlik -Yeşil	-Yeşil -
Ekonomi	-Enerji -	- -	-Enerji -Mülk	- -
Yönetim	-Bakım ve yönetim -İşletim -Acil Durum Haberleşme -Ofis	-Mülk - - - -	-Tesis -Enerji -Yapı - -	-Emlak -Enerji - - -
Sosyoloji	-	-	-	-
Kullanıcı	-Sistem hizmeti -	- -	-Konfor -İstekler	-Verimlilik -Konfor
Veri analizi	Sayısal (formül)	-Sayısal-anket	-Anket	-Matris (sayısal)

Değerlendirme kümeleri	Her değerlendirme sisteminin ana modülleri				
	POE	**IB-LCC Metodu**	**IBSK Metodu (Kore)**	**SCC Metodu (Çin)**	**TIBA Metodu (Tayvan-Çin)**
Mimari	-Tasrım	-Mekan	-Mimari tasarım	-	-Sağlık
Mühendislik	-Ofis otomasyonu -Entegrasyon -Hizmet sistemleri - - - - - - -	-Güç birimi otomasyonu -Üretim otomasyonu -Yapı sistemleri - - - - - -	-Elektrik sis. -Bilgi ve iletişim -Mekenik sist. -Sistem entegrasyonu - - - - -	-İletişim -Servis kontrolü -Yangın,kaza kontrolü -Entegrasyon -Ofis otomasyonu -Güç sağlayıcı -Güvenlik -Kablolama -	-İletişim-Bilgi -Güvenlik -Sistem entegrasyonu -Kablolama - - - - -
Çevre	-Ekoloji -	-	-Çevre -	-Enerji tüketim -	-Enerji tüketim -
Ekonomi	-Yaşam dönemi maliyet analizi	-Enerji -Bakım -	- - -	- - -	- - -
Yönetim	-Emlak -	-Tesis -Veri	-Servis -	-Mülk -	-Servis -
Sosyoloji	-Kültür	-	-	-	-
Kullanıcı	-Performans -Ergonomi -Mahremiyet -Konfor	-Konfor - - -	-Konfor - - -	- - - -	- - - -
Veri analizi	-Anket	-Grulama	-Anket	-Anket	-Anket

Tez kapsamında ele alınan akıllık kavramı, akıllı binalar ve özellikleri, simülasyon programlarının yetersizlikleri ve yepyeni bir alan olan performans değerlendirme metodlarının üzerinde durulmuştur. Bu sayade akıllı binalar için geliştirilmiş gerçek bir model oluşumu incelenip bunun gerekliliği vurgulanmıştır.

Değerlendirme tablosunda yapılan metod karşılaştırmaları sonucunda, hala eksik olan kapsamlı akıllı bina tanımı eksikliğinin sonucu olarak, yeterli kriter kümesine sahip genel bir değerlendirme metodu geliştirilememiştir. Bunun yapılabilmesi tablodaki değerlendirme başlıklarının en geniş alanda kriter kümesinin oluşturulmasıyla mümkündür; LCA+POE+IBA+IBI+MSI birleşimi bize kültür,sürdürülebilirlik, maliyet, kullanıcı, sistem entegrasyonu ve karşılaştırmalı değerlendirmeyi mümkün kılacaktır.

KAYNAKLAR

[1] **Smith, P.F.,** 2002. Sustainability at the Cutting Edge, Emerging Technologies for Low Energy Buildings, Architectural Press, Oxford, UK.

[2] **Göğüş, Y.A.,** 1999. Sorularla Binalarda Enerjinin Etkin Kullanımı, İTO Yayınları, İstanbul.

[3] **Özgen, A. ve Eşsiz, Ö.,** 2001. Sürdürülebilir Mimarlık ve İleri Teknoloji İlişkisi, Yapı Dergisi, YEM Yayınları, **234**, 113-120.

[4] **Flavin, C. and Lenssen, N.,** Enerjide Arayışlar Enerjide Arayışlar, Yaklaşan Enerji Devriminin El Kitabı, Tema Vakfı Yayınları, Worldwatch Çevresel Uyarı Dizisi, Türkiye.

[5] **Derek, T. and Clements-Croome, J.,** 1997. What Do We Mean By Intelligent Buildings?, *Automation in Construction*, **6**, 395-400.

[6] **Çakmanus, İ.,** 2004. "Bina Yenilemelerinde Güneş Enerjisinin Kullanılması", Yapı Dergisi, YEM Yayınları, 268, 123-126.

[7] **IUCN,** 1980. International Union for The Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), *World Conservation Strategy Report,* Gland, Switzerland.

[8] **Tisdall, C.,** 1993. Environmental Economics, University Press, Cambridge, UK.

[9] **Krizek, K.J. and Power, J.,** 1996. A Planners Guide to Sustainable Development, American Planning Association, *Planning Advisory Service Report*, **467**, Chicogo, IL.

[10] **Graham, P.,** 2002. Building Ecology: First Principles for A Sustainable Built Environment, Blackwell Publishing, Oxford, UK.

[11] **Mendler, S. and Odell, W.,** 2000. The HOK Guidebook to Sustainable Design, AIA Committed to Sustainable Humanistic Design and Stewardship of the Environment , Oxford Press, U.S.A.

[12]http://siteresources.worldbank.org/INTLACREGTOPENERGY/Images/WorldEnergyCons2003.jpg

[13] **Anink, D., Boonstra, C. and Mak, J.,** 1996. Handbook of sustainable building : An Environmental Preference Method For Selectgion of Materials for Use in Construction and Refurbishment, James and James Science Publishing, London.

[14] http://www.solcomhouse.com/figure_2enduser.jpg

[15] http://www.sustainability.vic.gov.au/www/html/1820-energy-use-by-sector-.asp

[16] **Prior, J.,** 1993. Environmental assesment of new office designs, *BREEAM (Building Research Establishment Environmentl Assesment Method)/ New Offices BRE Report*, Version:1-93, UK.

[17] **Çetiner, İ.,** 2002. Çift kabuk cam cephelerin enerji ve ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanilabilecek bir yaklaşım, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[18] **Crowther, R.L.,** 1992. Ecologic Architecture, Butterworth Architecture Press, Boston, U.S.A.

[19] **Daniels, K.,** 1998. Low-Tech, Light-Tech, High-Tech, Building in the Information Age, Birkhauser Publisher, Berlin.

[20] **Roaf, S., Fuentes, M. and Thomas S.,** 2003. Ecohouse 2: A Design Guide, Architectural Press, Oxford, UK.

[21] **Compagno, A.,** 1999. Intelligent Glass Façades: Materials, Practice, Design, Birkhauser Publishers, Berlin, Germany.

[22] **Utkutuğ, G.S.,** 1997. Binayı Oluşturan Sistemler Arasındaki Etkileşim ve Ekip Çalışmasının Önemi, Mimar Tesisat Mühendisliği İşbirliği, *IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir,21-36.

[23] **Balcomb, D.,** 1998. Environmentally Friendly Cities, Proceedings of PLEA '98, *The Coming Revolution in Building Design*, James & James Science Publishers Ltd., Lisbon, Portugal, 33-37.

[24] **Akkaya, A.,** 2001. Binalarda düşük enerji konseptinin giydirme cephe tasarımına etkileri, *Yapı,* Yem Yayınları, **237**, 98-116.

[25] **Eşsiz, Ö.,** 2000. High-Tech Yapılarda Cephe Uygulamaları, *İnşaat Dünyası*, İstanbul, 204, 34-42.

[26] **Vester, F.,** 1997. Ekolojinin Anlamı, Evrendeki Bilimsellik Ağının Kavranması, Arıtan Yayınevi, İstanbul.

[27] Fl**ax, B.M.,** 1991. Intelligent Buildings, *EEE Communcations Magazine*, 5, 4-24.

[28] **Pedrini, A.,** 2003. Integration of Low Energy Strategies to The Early Stages of Design Process of Office Buildings in Warm Climate, *PhD. Thesis*, The University of Queensland, Department of Architecture, Queensland.

[29]http:/www.tubitak.gov.tr%20btpd%20btspd%20enerji%2021yy%20enj%20bl3.html

[30] www.usgbc.org

[31] **Cole, R.J.,** 1999. Building Environment Assessment Methods: Clarifying Intentions, *Building Research & Information*, **27**, 230-246.

[32] www.ibexcellence.org/images/pdfs/akbeijing05paper.bdf

[33] **McGregor, W.,** 1994. Designing a Learning Building, *Facilities*, **12** , No. 3, MCB University Press, U.S.A.

[34] **Thomas, D.,** 2002. Architecture and The Urban Environment: A vision for the New Age, , Elsevier, Architectural Press, New York.

[35] **Yeang, K.,** 1995. Designing With Nature, The Ecological Basis for Architectural Design, McGraw-Hill, New York.

[36] www.integerproject.co.uk

[37] **Kua, H.W. and Lee, S.E.,** 2002. Demonstration Intelligent Building—A Methodology for The Promotion of Total Sustainability in The Built Environment, *Building and Environment,* **37**, 231–240.

[38] **Roaf, S. and Hancock, M.,** 1992. Energy Efficient Building, A Design Guide, Halsted Press,New York.

[39] **Markus, T.A., Morris, E.N.,** 1980. Buildings, Climate and Energy, Pittman Publishing, London.

[40] **ASHRAE,** 1997. ASHRAE Handbook Fundamental, SI and IP Edition, *American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc*., Atlanta, U.S.A.

[41] **Knox, P. and Ozolins, P.,** 2000. Design Professionals and The Built Environment: An Introduction, Wiley Publishing, New York.

[42] **Hui, S.C.M.,** 1996. Energy Performance of Air Conditioned Buildings in Hong Kong, *PhD Thesis*, City University of Hong Kong, Hong Kong.

[43] **Nicoletti, M.,** 1998. Architectural expression and low energy design, *Renewable Energy*, **15**, 32-41.

[44] **Sev, A. ve Özgen, A.,** 2003. Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma, *Yapı*, **262**, 92-99.

[45] **Lewis, H., Gertsakis, J., Grant, T., Morelli, N. and Sweatman, A.,** 2001. Design and Environment: A Global Guide to Designing Greener Goods, Greenleaf Publishing, London.

[46] **Koçhan, A.,** 2002. Sürdürülebilir Gelecek için Ekolojik Tasarım, *Yapı*, **249**, 45-53.

[47] **Grace K.C. and Ding, C.A.,** 2001. Langston Sustainable Practices in the Built Environment,Technology, Butterworth Heinemann Press, Oxford,UK.

[48] **Utkutuğ,G.,** 2002. Yeni Ufuklara, Mimarlık, Bilim ve Teknik, *TÜBİTAK Yayınları,* Ankara,1-15.

[49] **Utkutuğ, G.,** 2003. Energy Efficient Approach in Buildings, Yayınlanmamış Ders Notları, *GÜMMF*, Ankara, 1-8.

[50]http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2002/mart/makale_enerji_korunumu.htm

[51] **Coch, H.,** 1998. Bioclimatism in Vernacular Architecture, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **2**, 67-87.

[52] **Serra, R.,** 1998. Daylighting, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **2**, 115-155.

[53] **Joana C.S.G.,** 1998. The environmental impact of tall buildings in urban centres, Environmentally Friendly Cities, proceedings of PLEA '98, James & James Science Publishers Ltd. , Lisbon, Portugal, 55-58.

[54] **Behling, S.,** 2003. High Tech Facade Systems, *Glass Processing Days*, **12**, 143.

[55] **Markus, T. A.,** 1967. The function of windows: A reappriasal, *Building Science*, **2**, 97-121.

[56] **Yeang, K.,** 2000. Service Cores: Detail in Building, Chichester, Wiley-Academy Press, New York.

[57] **Givoni, B.,** 1994. Passive and Low Energy Cooling of Buildings, Wiley, John & Sons Publishing; U.S.A.

[58] **Compagno, A.,** 1999. Intelligent glass façades: Materials, Practice, Design, Birkhauser Publishers, Berlin, Germany.

[59] **Wonga, J.K.W., Lia, H. and Wang, S.W.,** 2005. Intelligent Building Research: A Review, *Review article Automation in Construction*, **14**,143– 159.

[60] **Harrison, A., Loe, E. and Read, J.,** 1998. Intelligent Buildings in South East Asia, E & Spon Press, London.

[61] **Wigginton, M. and Harris, J.,** 2002. Intelligent Skins. Reed Educational and Professional Publishing Ltd., Oxford.

[62] **Arkin, H. and Paciuk, M.,** 1997. Evaluating Intelligent Buildings According to Level of Service Systems Integration, *Automation in Construction*, **6**, 471-479.

[63] **So, A.T. and Chan, W.L.,** 1999. Intelligent Building Systems, Kluwer Academic Publishers, U.S.A.

[64] **Yang, J. and Peng, H.**, 2001. Decision Support to the Application of Intelligent Building Technologies, *Renewable Energy*, **22**, 67-77.

[65] **Ünver, R., Gedik, G.Z., Akdağ, N. Y., Öztürk, L., Yüksel, Z.K., Çelik, F.Ö. ve Sakınç, E.,** 2005. Optimum yapı kabuğu tasarımında yararlanılabilecek bir yaklaşım: büro yapıları örneği, *Mimarist*, **243**, 91-99.

[66] **Muneer, T., Abodahab, N., Weir, G. and Kubie, J.,** 2000. Windows in Buildings: Thermal, Acoustic, Visual and Solar Performance, Architectural Press, UK.

[67] http://www.byv.kth.se/avd/byte/reykjavik/pdf/art_094.pdf

[68] http://repositories.cdlib.org/cgi/viewcontent.cgi?article=2043&context=lbnl

[69] **Begeç, H., Savaşır, K.,** CNR makale 2 - Akıllı Giydirme Cephe Sistemlerinin Havalandırma Şekillerinin İncelenmesi

[70] http://www.glassfiles.com/library/4/article628.htm

[71] **Khan, F.R. and Moore, W.P.,** 1980. Tall Building Systems and Concepts, Council on Tall Buildings and Urban Habitat, *American Society of Civil Engineers*, New York.

[72] **Awbi, H. B.,** 1998. Ventilation, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **2**, 157-188.

[73] http://www.glassfiles.com/library/2/article980.htm

[74] **Salvia, M., Cosmi, C., Macchiato, M., Marmol, G. and Pietrapertosa, F.,** 2003. Integrated Strategic Assessment of Local Energy Systems for Reducing Environmental Burdens, Energy and The Environment, Eds. C.A. Brebbia and I. Sakellaris, WIT Press Southampton (UK) and Boston (USA), 13-24.

[75] **Olgyay, V.,** 1957. Solar Control & Shading Devices, Princeton, Princeton University Press, U.S.A.

[76] **Eicker, U.,** 2003. Solar Technologies for Buildings, Hoboken, Willey Press, NJ.

[77]http://www.glassfiles.com/myglassfiles/login.php?href=http%3A%2F%2Fwww.glassfiles.com%2Flibrary%2Fattachment.php%3Fid%3D906

[78] **Akyürek, Y.,** 1999. Yetenekli Camlar Ve Akıllı Çözümler, Enerji ve tabi kaynaklar bakanlığı ETKK, *Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi*, Ankara.

[79] **Calvi, G., Rigone, P., Morandotti, M. and Cremaschi, A.,** 1998. Environmentally Friendly Cities, proceedings of PLEA '98, *The Application of Photovoltaic Technologies in Buildings: A Case-Study*, James & James Science Publishers Ltd., Lisbon, Portugal, 377-380.

[80] **Siebert, G. and Siebert, B.**, 2003. Ecological Benefits of Second Facades Made of Glass, *Glass Processing Days*, 166-169.

[81] **Lieb, O. and Heusler, L.,** 2001. Double-Skin Facades Integrated Planning: Building Physics, Construction, Earophysics, Air-Conditioning, Economic Viability, Prestel Prees, UK.

[82] **Spence, W.P.,** 2001. Windows and Skylights, Sterling Publishing, UK.

[83] http://www.bwk.tue.nl/bps/hensen/publications/02_ashrae_dskin.pdf

[84] http://www.compagno.ch/EN/Vortrag_EN_state-of-the-art.htm

[85]http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Publikationer/Bok-EBD-R3-G5_alt_2_Harris.pdf

[86]http://www.bbri.be/activefacades/new/index.cfm?cat=3_concepts&sub=2_classification

[87] http://www.architecture.uwaterloo.ca/faculty_projects/terri/ds/hooker.pdf

[88] http://www.glassfiles.com/library/2/article980.htm

[89] **Spinnler, M., Artmann, N. and Sattelmayer, T.,** 2006. Double-Skin Façades with Diverse Sunscreen Configurations, International Conference on Recent Advances in Heat Transfer, Karunya Institute of Technology and Sciences, Coimbatore, India.

[90] **Çelik, Ç.,** 2004. Türkiye'de Yeni İnşaat Teknolojileri ile Gelişen Cam Mimarisi, *CNR: 1.Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*, Sempozyum Bildirileri, 21-35.

[91] **Gür, V.,** 2004. Yapı kabuklarının geleceği-değişkenlik ve adaptosyon ihtiyacı, *CNR. 1.Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu*, Sempozyum Bildirileri, 36-40.

[92] **Slessor, C.,** 1997. Eco-Tech: Sustainable Architecture and High Technology", Thames and Hudson , New York.

[93] www.spie.org/app/EbulletinArchive/nano/20040304/Nanoscopic.pdf

[94] **Hagemann, I.,** 1998. Environmentally Friendly Cities, proceedings of PLEA '98, *Shading system with PV–A new market for prefabricated building elements*?, James & James Science Publishers Ltd., Lisbon, Portugal, 373-376.

[95] **Çelebi, G.,** 2002. Bina düşey kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanım ilkeleri, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi*, **17**, 17-33.

[96] **Harrisson, J.** 2001. History of Building Envelope, *Fundamentals Guideline on Architecture Envelopes and Environmental Systems*, Oxford Press. UK.

[97] **Elkadi, H.,** 2000. Ecological Approach For The Evaluation of Intelligence Energy Features in A Building's Skin, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **4**, 91-103.

[98] **Harris, J., Elkadi, H. and Wigginton, M.,** 1998. The Evaluation of The Intelligent Skin, Energy Efficiency, Policy and The Environment, Renewable Energy, Part III, *Pergamon* , London, **5**, 133-41.

[99] www.gpd.fi

[100] **Behling, S.,** 1999. Glas Konstruktion und Technologie in der Arkhitektur, Prestel Verlag, Münih.

[101] **Sommerville, J. and Craig, N.,** 2005. Glasgow Intelligent Buildings with Radio Frequency Identification Devices, *Structural Survey*, **4**, 282-290.

[102] http://www.coggan.com/intelligent-building.html

[103] **Hawkıns, J. and Blakeslee, S.,** 2004. On Intelligence, Times Books Henry Holt and Company Press , New York.

[104] **Drewer, S. and Gann, D.,** 1994. Smart Buildings, MCB University Press, *Facilities*, **13**, 19-24.

[105] **Meystel, A.M. and Albus, J.S.**, 2002. Intelligent Systems, Architecture, Design, and Control, A Wiley-Interscience Publication, New York.

[106]http://www.extra.rdg.ac.uk/ib/Links%20and%20Downloads/BUILDING%20ENVIRONMENTAL%20ENGINEERING%20INVISIBLE%20ARCHITECTURE.pdf

[107] http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel1/35/6106/00237982.pdf

[108] Facilities Volume 17 · Number 5/6 · May/June 1999 · pp. 189–194 © MCB University Press · ISSN 0263-2772 Intelligent building care, Brian Wood

[109] **Kroner, W.M.,** 1997. An intelligent and Responsive Architecture, *Automation in Construction,* **6**, 5, 381-393.

[110] **Zağpus, S.,** Geleceğin Yapıları; Akıllı Binalar, *Mimarist*, **132**, 45-50.

[111] **Penrose, R.,** 2000. Bilgisayar ve Zeka, Kralın Yeni Usu I, TÜBİTAK Yayınları, Ankara.

[112] www.emeraldinsight.com/0263-2772.htm

[113] **Wang, S., Xu, Z., Li, H., Hong, J., Shi, W.,** 2004. Investigation on intelligent building standard communication protocols and application of IT technologies, *Automation in Construction*, **13**, 607– 619.

[114] **Sharples, S., Callaghan, and V., Clarke, G.,** 1999. A multi-agent architecture for intelligent building sensing and control, *Sensor Review*, **19**, 135–140.

[115] http://www.climatetechnology.gov/library/2003/tech-options/tech-options-1-2-3.pdf

[116] **Newman, H.M.,** 1994. Direct Digital Control Of Building Systems:Theory And Practice, Wiley publication, New York.

[117] **, V., Goldschmidt, I., Hobbs, R., McGowan, J.J., Meinrath, R. and Zezulka, F.,** 2000. Networking and Integration of Facilities Automation Systems, CRC Press LLC, Florida,U.S.A.

[118] **Zimmermann, H.J., and Sebastian, H.J.,** 1995. Fuzzy Systems, International Joint Conference of the Fourth IEEE *International Conference on Fuzzy Systems and The Second International Fuzzy Engineering Symposium*, 117-125.

[119] http**://**www.csrm.ch/detailed/pdf/e_Paper_Edificio.pdf

[120] **Santamouris, M.,** 2003. Solar Thermal Technologies for Buildings, The State of The Art, The Cromwell Press, London.

[121] **Whitby, B.,** 2003. A Beginner's Guide, Artificial Intelligence, Oneworld Publications, Oxford, England.

[122] **Hartkopf, V. and Loftness, V.,** 1996. Global Relevance of Total Building Performance, *Proceedings of the 3rd International Conference on Applications of Performance Concept in Buildings*, Tel-Aviv, 67-72.

[123] **Hartkopf, V., Loftness, V., Mahdavi, A., Lee, S. and Shankavaram, J.,** 1997. An Integrated Approach to Design and Engineering of Intelligent Buildings, *The Intelligent Workplace at Carnegie Mellon University, Automation in Construction*, **6**, 401-415.

[124] **Rubin, A.,** 1991. Intelligent Building Technology in Japan, DIANE Publishing, U.S.A.

[125] **IBE,** 1992. The Intelligent Building in Europe, *DEGW (London) and Teknibank (Milan) with the European Intelligent Building Group. Report for British Council for Offices*, UK.

[126] **Zağpus, S.,** 2002. "Development of Intelligent Buildings and Their Impacts on Architecture in Turkey", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir.

[127] **Bektaş, C.,** 2002. BEST (Bina Elektronik Sistem Teknolojileri) Dergisi, Akıllı Binalar Fuarı, İstanbul.

[128] **Günaydın, H.M. ve Zağpus, S.,** 2003. Türkiye'de bina otomasyon sistemlerinin mimarlar tarafından algılanması, akıllı bina tasarım süreci ve kalitesi, *VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 481-491.

[129] **Chen, Z., Clements-Croome, D., Hong, J., Li, H. and Xu, Q.,** 2006. A Multicriteria Lifespan Energy Efficiency Approach to Intelligent Building Assessment,*Energy and Building***, 38**, 393-405

[130]http://www.emeraldinsight.com/Insight/viewContentItem.do?contentType=Article&hdAction=lnkpdf&contentId=844590

[131] **Francis., D.,** 1983. The Orbit Study, Information Technology and Office Design, Oxford Press, London.

[132] **Arkin, H. P., M.,** 1997. Evaluating Intelligent Buildings According To Level of Service Systems Integration, *Automation in Construction*, **6,** 471-9.

[133] **Albert, T.P.S., Alvin, C.W. and Wong, K.W.,** 1999. A New Definition of Intelligent Buildings for Asia, *Emerald*, **17** , 485 – 491.

[134] http://www.ibuilding.gr/handbook/chapter4.pdf

[135] **Baldwin, R., Yates, A., Howard, N., and Rao, S.,** 1998, Intelligent Work Places, *BREEAM 98 for Offices*, London, 145-165.

[136] **Clements-Croome, D., J., Jones, K., G., John, G.,** 2003. Through life environmental business modelling for sustainable architecture, *CIBSE Proceedings of Conference on Building Sustainability*, Edinburgh, UK., 123-132.

[137] http://www.cmit.csiro.au/brochures/tech/embodied

ÖZGEÇMİŞ

01.01.1980 Gaziantep doğumlu olan Olcay Oğuz, 1998 yılında Gaziantep Lisesin'den mezun olmuş, 1999 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Bölümün'den yüksek onur öğrencisi olarak birincilik derecesiyle mezun olmuştur. 2005-2007 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı'nda Yüksek Lisans yapmıştır.