

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

MİMARİ TASARIM KARARLARINI BELİRLEMEDE BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

DOKTORA TEZİ

Niloufar AKBARZADEH

KASIM 2023
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

MİMARİ TASARIM KARARLARINI BELİRLEMEDE BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Niloufar AKBARZADEH

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde

"DOKTOR (MİMARLIK)"

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27/ 09 / 2023

Tezin Savunma Tarihi : 08/ 11 / 2023

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cengiz TAVŞAN

Trabzon 2023

ÖNSÖZ

Mimarlıkta form tasarımı her zaman mimarların tasarım sürecinde karşılaştığı en zorlu konulardan biridir. Form tasarımı iklimsel, yapısal ve estetik faktörler gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Mimar bu ihtiyaçların çoğuna uygun bir form yaratarak makul bir cevap bulmaya çalışır. Tasarımı etkileyen faktörlerin incelenmesi birçok boyutu içermektedir ve maalesef insan zihni çok boyutlu sayısal hesaplama yeteneğine sahip değildir. Bu zayıflık, mimarın problem çözme alanının büyük bir bölümünü göz ardı etmesine neden olmuştur. Bilgisayarların mimarlık dünyasına girmesiyle birlikte, algoritmik zekanın problem çözme isteği artmıştır.

Kurallara dayalı tasarımlar son yıllarda mimarlığın yeni konularından biri olup bu alanda pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, bazı mimari sorunlara cevap bulmanın bir yolu olarak üretken tasarım tanıtılmaktadır.

Danışmanlığımı kabul ederek hertürlü desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof.Dr. Cengiz TAVŞAN'a, tez jürimde olmayı kabul ederek çalışmalarına yön veren sevgili hocalarım Prof.Dr. Nilgün KULOĞLU'na ve Doç.Dr.Şebnem ERTAŞ BEŞİR'e teşekkürlerime sunarım. Ayrıca doktora tez sürecinde bilgi ve tecrübeleri ile destek veren Prof.Dr. Filiz TAVŞAN'a, saygı değer hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim. Son olarak hayatımın her döneminde yanımda olan babam ve aileme sonsuz şükranlarıma sunarım.

Niloufar AKBARZADEH

Trabzon 2023

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Mimari Tasarım Kararlarını Belirlemede Bir Yöntem Önerisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Cengiz TAVŞAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ve model ile ilgili bilgisayar programlarını yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 08/11/2023

Niloufar AKBARZADEH

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1.Giriş	1
1.2. Problemin Tanımı	2
1.3. Çalışmanın Araştırma Soruları ve Varsayımları.....	4
1.4. Çalışmanın Amacı ve Hedefleri.....	5
1.5. Çalışmanın Önemi	6
1.6. Çalışmanın Alan Kapsamı	9
1.6.1. Çalışmanın Tarihsel Kapsamı	10
1.6.2. Literatür Araştırması	13
1.6.3. Mimari Form Bileşenleri	16
1.6.4. Form Oluşumunu Etkileyen Faktörler.....	18
1.6.5. Mimarlıkta Teknoloji Kavramı.....	20
1.6.6. Parametrik Mimari	21
1.6.7. Parametrik Mimari ve Tamamlanmış Projeler	23
BÖLÜM SONUCU.....	30
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	32
2.1. Araştırma Yöntem ve Teknikler.....	32
2.2. Tasarım Sürecinde Farklı Yöntemler	35
2.3. Çalışmanın Tasarım Süreci	37
2.4. Çalışmada Ele Alınan Kavramların Açıklanması	40
2.4.1. Optimizasyon Kavramı.....	41

2.4.2. Simülasyon- Optimizasyonu	44
2.4.3. İklim Simülasyonu.....	45
2.4.4. Genetik Algoritma (Ga) Tabanlı Otomatik Tasarım Keşfi.....	46
2.4.5. Çok Amaçlı Optimizasyon Problemlerin Çözümü.....	52
2.4.6. Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritması (Nsga-I) İle Parametrik Çalışma ve Çok Amaçlı Optimizasyon.....	53
2.4.7. Nsga –Iı Algoritmasını Seçme Nedenleri.....	56
2.5. Bölüm Sonu Değerlendirmesi	56
3. BULGULAR.....	58
3.1. Çalışmada Yapılan Bina Simülasyonu Bulguları	61
3.1.1. Alan Çalışmasının Tanıtılması ve İklimsel Verilerinin Verilmesi (Trabzon-Türkiye)	61
3.1.2. Hava Koşullarının Bina Cepheleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması	66
3.1.3. Alan Çalışmasında Renk Matrisinin Kullanılması	71
3.1.4. Alan Çalışması Simülasyonu için Adımlarının ve Koşullarının Belirlenmesi.....	73
3.1.5. Alan Çalışmasındaki Simülasyonun Genetik Algoritma Yazılımının Hazırlanması.....	74
3.2. Form Optimizasyonu-Üretim Süreci (Form Bulma).....	75
3.2.1. Alan Çalışmasında Kullanılan Elmas Diyagram Bulguları	78
3.2.2. Alan Çalışmasında Kullanılan Pareto Cephesi (Pareto Front) Bulguları	80
3.2.3. Verilerin Toplanması ve Elde Edilen Bilgilerin Sınıflandırılması	84
4.İRDELEMELER.....	95
4.1. Verilerin ve Grafiklerin İncelemesi.....	95
4.1.1. İklim ile İlgili İrdelemeler	95
4.1.2. Renk Matrisi ile İlgili İrdeleme	96
4.1.3 Çok Amaçlı İşlevli Algoritmik Verilerin Analizi.....	99
4.1.4. Son Analiz ve en İyi Cevabın Seçimi.....	100
4.1.5. Elde Edilen Verilere İlişkin en İdeal Seçim Metodolojisine Karar Verilmesi	100
4.1.6. Alan Çalışmasında Kullanılan K-Means Grafiği İlişkin İrdeleme	108
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	112
6. KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Doktora Tezi

MİMARİ TASARIM KARARLARINI BELİRLEMEDE BİR YÖNTEM ÖNERİSİ

Niloufar AKBARZADEH

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Cengiz TAVŞAN
2023, 123 Sayfa

Bu çalışmanın amacı, çevresel konfor odaklı üretken tasarım yöntemlerini kullanarak, farklı mimari ihtiyaçlara aynı anda cevap verebilecek formlar oluşturmanın yolunu bulmaktır. Başka bir deyişle doğru permütasyon, doğru yön, formlar arasındaki mesafe/ uzaklık gibi mimarlığın temel ilkelerini tek bir süreçte sunmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda sorunun daha iyi anlaşılabilmesi için karşılaştırmalı bir yöntem kullanarak, 2022 yılında Trabzon'da hayata geçirilen bir proje üzerinde algoritmik zeka ile çalışma test edilmiştir.

Çalışma yapılan alanda, alanın dağılımı ve topografyasının belirli bir geometriye uymadığı görülmüştür. Bu nedenle (Ladybug +Hanybee) plug_in algoritması ile sitenin iklim kavramları ve çevre konforu araştırılmış, daha sonra hedef fonksiyonlara göre Python kodu ve istenilen algoritma yazılmıştır. Bu kodlamaya bağlı binanın konumu, yüksekliği ve dönme miktarı gibi bağımsız değişkenler modele girdi olarak kabul edilmiştir. Ayrıca gerekli enerjiyi sağlamak için en iyi yön ve maksimum mesafeye ulaşma hedefi belirlenmiştir. Bu çalışma için yapılan algoritma kodu birçok amacı kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca bu programlama kodu tasarım alanlarında, farklı projelerde genişletilebildiği gibi mimarların görüş ve ihtiyaçlarına göre parametre sayılarının değiştirilmesine de olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Üretken tasarım; Genetik algoritma; Parametrik teknik; Form bulma, Formun verilerle uyumu
PhD. Thesis

SUMMARY

A METHOD SUGGESTION FOR DETERMINING ARCHITECTURAL DESIGN DECISIONS

Niloufar AKBARZADEH

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences Architecture
Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Cengiz TAVŞAN
2023, 123 Pages

The aim of this study is to find a way to create forms that can meet different architectural needs at the same time by using generative design methods focused on environmental comfort. In other words, it tries to present the process of reaching the basic principles of architecture, such as the right permutation, the right direction, the amount of distance between forms, in a single process. In order to better understand the problem, a comparative method was used and a project implemented in Trabzon-Turkey in 2022 was tested again with algorithmic intelligence.

Permutation concepts in polygonal geometry select vertices as permutation points, but unfortunately the distribution and topography of the area in the area under study do not follow a particular geometry. In order to achieve this aim, first of all, the climate and environmental comfort concepts of the site were investigated with the Ladybug + Honey Bee algorithm, then the desired algorithm was coded according to the objective functions. Independent variables such as the location of the building, its height, the amount of rotation of the building are accepted as inputs to the model. In order to provide the energy received, the goal of reaching the maximum distance with the best direction was determined. The algorithm code of this project is set to cover many purposes. This research can be extended to different design and project areas and fortunately allows architects to vary the dimensions and number of inputs according to the views and needs of the project.

Key Words: generative design; genetic Algorithm; parametric technique, Finding form from data, Initial form

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Çalışmanın amacı, hedefleri ve çıktıları.....	6
Şekil 2. Examples of morphogenetic models	11
Şekil 3. Darcy'nin çizimlerine bir örnek.....	24
Şekil 4. Darcy'nin çizimlerine bir örnek.....	26
Şekil 5. David Erdman ve Marcelyn Gow'un Kafes Archipelogs aydınlatma projeleri	27
Şekil 6. Lawson tasarım süreci	33
Şekil 7. Doğrusal olmayan tasarım süreci	34
Şekil 8. Çalışmanın genel yapısı	37
Şekil 9. Araştırma yapısı ve adımları	38
Şekil 10. Lawson teorisine göre çalışmanın modeli	39
Şekil 11. Çalışmanın genetik Algoritmik yazılımı	40
Şekil 12. Kapsamlı ve beklenmedik bir dizi alternatif çözümü keşfedin	42
Şekil 13. Çok amaçlı algoritma sürecinde Pareto cephesi kavramı ve kırmızı çizgide görülen optimal çözümlerin/fenotiplerin oluşumu en iyi çözümleri temsil etmektedir.	44
Şekil 14. Simülasyon- optimizasyonu kavramı	45
Şekil 15. GA tabanlı bir tasarım keşfinin adımlarını tipik bir yinelemeli tasarım sürecinde eşleme	47
Şekil 16. Otomatik tasarım gezgini ile tasarımcılar arasındaki etkileşim	48
Şekil 17. Otomatik tasarım gezgini ile tasarımcılar arasındaki etkileşim	48
Şekil 18. Otomatik tasarım gezgini ile tasarımcılar arasındaki etkileşim	49
Şekil 19. NSGA-II keşif yönteminin süreci.....	55
Şekil 20. Armada cadde sitesi	61
Şekil 21. Site planı- Armada cadde -Trabzon-Türkiye.....	62
Şekil 22. İklim çalışmalarının termal grafiği (Trabzon-Türkiye).....	62
Şekil 23. Hakim rüzgar yönü tablosu (Trabzon-Türkiye)	64
Şekil 24. Yıllık nem tablosu2022	64
Şekil 25. Hakim rüzgar yönü + hakim rüzgar sıcaklığı (Trabzon-Türkiye).....	64
Şekil 26. Yıl boyunca hakim rüzgar yönü + hakim rüzgar sıcaklığı karşılaştırması - kısıtlamalarla birlikte (Trabzon-Türkiye)	65

Şekil 27. Işık yansıması + rüzgar yönü + güneş enerjisi yönü karşılaştırması (örtüşme)	65
Şekil 28. Binanın mevcut durumunda ısı alımının simülasyonu için algoritma (2022)	66
Şekil 29. Algorithm (simulation + optimization)	74
Şekil 30. Son nesil(generation) için Pareto cephesi diyagramı(Pareto front diagram for the last generation)	82
Şekil 31. Diyagram PCP en son nesil(generation) için Pareto cephesine göre	82
Şekil 32. En son nesil(generation) için en iyi Pareto cephesi yanıtları 24;0 ,24;1	83
Şekil 33. En son nesil(generation) için en iyi Pareto cephesi yanıtları 24;2 , 24;3	84
Şekil 34. Amaç fonksiyonlarındaki değişim eğilimi	99
Şekil 35. Tek karede en iyi yanıtlar	100
Şekil 36. G22;2 ve G22;3'ün karşılaştırılması	102
Şekil 37. G22;2 ve G23;1'ün karşılaştırılması	103
Şekil 38. G24;1/G24;2/G24;3/G24;7/'ün karşılaştırılması	104
Şekil 39. G24;8/G24;9/G24;13/G24;14/'ün karşılaştırılması	105
Şekil 40. Optimum noktaları kontrol etmek	107
Şekil 41. Uygunluk değeri grafiği G23;1 ve G24;2 Uygunluk değeri grafiği	109

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çalışma yönteminin adımları	8
Tablo 2. Formun doğası ve felsefesi.....	14
Tablo 3. Mimari formun somut ve soyut bileşenleri	17
Tablo 4. Form oluşumunda etkili faktörler.....	19
Tablo 5. Mimarlarla ilgili teknoloji ile ilgili düşünceler.....	20
Tablo 6. Tasarım sürecinde farklı yöntemler.....	35
Tablo 7. GA'ya dayalı otomatik tasarım bulma yöntemlerinin özelliklerinin incelenmesi	51
Tablo 8. Anket ile ilgili sorular	59
Tablo 9. Form oluşumunda etkili olan faktörlerin özetlenmesi	60
Tablo 10. Cronbach alfa katsayısı	61
Tablo 11. Yükseklik ve alan bilgisi	61
Tablo 12. İklim çalışmalarının termal (Trabzon-Türkiye)	63
Tablo 13. Kış dönemi için güneş radyasyonu.....	67
Tablo 14. İlk bahar dönemi için güneş radyasyonu.....	68
Tablo 15. Yaz dönemi için güneş radyasyonu tablosu	69
Tablo 16. Sonbahar dönemi için güneş radyasyonu tablosu	70
Tablo 17. Mevsimsel sıcaklık renk matrisi tablosu	71
Tablo 18. Sıcaklık aralığına göre güneş radyasyonu tablosu	72
Tablo 19. Sıcaklık aralığı renkli matris tablosu.....	73
Tablo 20. İşaretlerin ve kısaltmaların listesi.....	75
Tablo 21. Tasarım değişkenleri	77
Tablo 22. Amaç fonksiyonlarının puanlara ve sıralamaya göre değerleri 0-14	77
Tablo 23. Elmas grafik sıralaması	79
Tablo 24. Her nesilde(generation) birinci birey (individual) de bloklar arası mesafenin incelenmesi (F.0-24 neslinde (generation) birey (individual)- 0).....	86
Tablo 25. Her nesildeki(generation) ilk bireydeki(individual) bloklar arasındaki açı (F.0-24 neslindeki(generation) birey(individual)-0).....	87
Tablo 26. Her nesildeki(generation) ilk bireydeki blokların coğrafi koordinatları	88
Tablo 27. Nesillerin(generation) değerlendirilmesinde bloklar arası mesafe	89

Tablo 28. Nesillerin (genertion)değerlendirilmesinde bloklar arası açısı	91
Tablo 29. Blokların coğrafi koordinatları, nesillerin (genertion) değerlendirilmes	92
Tablo 30. Nesillerin(generation) değerlendirilmesinde blok alanının incelenmesi.....	93
Tablo 31. Önerilen planın yönelimi ve yerleşiminin uygulanan planla karşılaştırılması.....	94
Tablo 32. Dört mevsimi temel alan renk matrisi analizi	96
Tablo 33. Üstün seçim için genomların taranması (G22;2,G22,3).....	102
Tablo 34. Üstün seçim için genomların taranması (G22;2, G23;1)	103
Tablo 35. Üstün seçim için genom taraması (son adım)	106
Tablo 36. K-MEANS tablosu	108
Tablo 37. En iyi cevapların son seçimi	110
Tablo 38. Nihai formun bulunmasına ilişkin bilgiler	110
Tablo 39. Nihai formun renk matrisi(G24;2)	111

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

GA	: Algoritma genetiği (Algorithm genetics)
Fp_{Bi}	: Binaların siteye yerleştirilmesi
DV	: Tasarım değişkenleri
DS	: Tasarım alanı
$Fp_{(s)}$	: Site ayak izi
R_{Bi}	: Binanın dönme miktarı i
l_{Bi}	: İlk durum i 'nin yeri
H_{Bi}	: bina yüksekliği (i)
FD	: Amaç fonksiyonu, binalar arasındaki maksimum mesafedir.
Fp	: Amaç fonksiyonu, güneşten maksimum miktarda yansıtıcı enerji alma miktarıdır.
FV	: Amaç fonksiyonu, 22 derecenin üzerindeki bir sıcaklıkta minimum miktarda doğrudan güneş enerjisi miktarını ve 20 derecenin altındaki bir sıcaklıkta maksimum miktarı elde etmektir.
$Gn.in$	: nesil: bireysel(generation: individual)
xLy	: Bloklar arası mesafe
AGx	: Önceki merkez noktası ile yeni koordinat merkezi arasındaki açı
GcX	: Blokların alanı
ArX	: Küresel koordinatlar

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

“Modernistler ütopyanın gelecekte aranması gerektiğini iddia ederler, postmodernistler de bu ütopyaı geçmişte ararlar; Ama günümüz mimarisinin bu ütopyaı bugünün koşullarında bulması gerektiğine inanıyorum; Bugünün mimarisi, bugün toplumumuzun zihinsel ve biyolojik koşullarını yansıtmalıdır.” Peter Eisenman.

Mimarlık, formun yaygın olarak kullanıldığı ve mimari mekanın onunla kendini gösterdiği bir sanat dalıdır. İnsanla ilgili davranış, faaliyet ve olayların mekanda şekillendiği düşünülürse mekan yaratmak bir mimarın en önemli hedefidir. Mimaride form, mekanları çevreye dönüştürür ve onlara beden verir. Mimari form, görünüşe dikkat etmenin yanı sıra binanın anlamını da içerir; Bu nedenle form oluştururken farklı bileşenlerde dikkat etmek gerekir. Bu bağlamda arzu edilen bir mimari yaratmak, ister istemez arzu edilen bir formun yaratılmasıdır (Taifeh, Hujjat, & Ansari, February 2014).

Son on yılda, birçok tasarım alternatifi oluşturmak, çözümlerin performansının gerçek zamanlı sayısal bir değerlendirmesini sağlamak ve tasarımcıların uygun tasarım kararları vermesine yardımcı olmak için çok amaçlı arama algoritmalarıyla birlikte hesaplamalı erken aşama tasarım araçları geliştirilmektedir. Form oluşturma ve performans değerlendirmesinin yinelemeli süreci genellikle zaman alıcı olduğundan, tasarım keşif otomasyonu, tasarım çözümlerinin verimli bir şekilde geliştirilmesine ve değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, çoğunlukla evrimsel algoritmaları kullanan stokastik evrimsel tasarım keşif yöntemleri, bir çözüm popülasyonunun keşfedilmesine izin vermek için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu süreç, tasarımcıların temel kavramlara sabitlenmesini engellemekle birlikte tasarım seçeneklerinin çeşitliliğini yönetilebilir ölçüde genişletmektedir (Liu Y. C., July 2003) (V. J. Gan, 2019) (L. Ball, 1994,online: 31 May 2007) (A. Rolvink, 2014). Bu çalışmanın kapsamı, bir çok amaçlı tasarım¹ metodu keşfetmenin otomatik bir süreçle geliştirilmesini ve uygulanmasını içermektedir.

Bir formun oluşturulması için iklim, topografya, sosyo-kültürel veriler gibi çeşitli faktörler devreye girer ve bunlar formu farklı yönleriyle etkileyerek oluşumuna neden olur.

¹ Multi-objective function

Belirtilen faktörler genellikle araştırma ve projelerde dikkate alınmamış veya daha az ele alınarak yapılmaya çalışılmıştır.

Bu bağlamda formun hangi yönleri bu faktörlerden etkilenir? Formun farklı yönleri üzerindeki etkileri nasıl hesaplanır? Etki derecelerine göre formun tasarımında bunların her birinin uygulanmasının nasıl olması gerektiği sorularına cevap aramaktadır.

Bu çalışma form kavramını ifade etmeyi, çeşitli yönlerini açıklamayı, formun oluşumunu etkileyen faktörleri tanımlamayı ve istenen form tasarımı ve optimizasyonu çeşitli faktörlerin uygulanması için bir çerçeve sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışma, mimari süreci anlamak için kavramsal bir çerçeve sunmaktadır. Ayrıca tasarımda yer alan konuların karmaşıklığının niteliksel olarak tanınması ve pratik bir yapıya sistematik olarak entegre edilme olasılığı aracılığıyla bir mimari konsept sürecini sağlamaktadır. Bu süreç tasarımda "Ne" tasarlanacağını daha iyi anlaşılması ve "Nasıl" tasarlanacağına dair daha bilgili bir temele yol açacaktır. Böylece daha yaratıcı ve yapılandırılmış mimari tasarımı ortaya koyacaktır. Bu çalışma, bir arka plan yöntemi kullanarak biçim, işlev ve strüktür mantığını restore ettiği söylenebilecek ontolojik bir çerçeve önermektedir ve daha da önemlisi bu mantık, mimari bağlam ve düşünceyi ortaya çıkaracak şekilde genişletilmiştir. Form bir kavram olarak, her mimari eserde ayrılmaz bir bileşen görevi görür. Bu nedenle mimarlıkla ilgili birçok çerçevede var olan boşluğu ortadan kaldırmaktadır. Tasarım aşamasında, tasarımcılar bir tasarım probleminin farklı yönlerini araştırır, gereksinimleri ve hedefleri tasarım alternatiflerinde birleştirir, üretilen çözümleri değerlendirir ve yinelemeli bir süreçle uygun çözümler bulur (Lawson's, 2005).

Bu çalışma, daha etkin ve akılcı bir mimari tasarım pratiğinin temeli olabilecek güçlü bir mimarlık anlayışının davranışsal çerçevesini sunmaktadır. Aynı zamanda gelecek mimarinin yapılanmasında bir temel olarak kullanılabilir ve sonuçları mimari formun oluşumunda tasarımcılara yardımcı olacaktır.

1.2. Problemin Tanımı

Yeni yüzyılda, teknolojinin ve bilgisayar biliminin ilerlemesine bağlı olarak mimari projelerin sunulma şekli değişmiştir. Bilgisayarlar yardımıyla yapılan parametrik ve üretken tasarım gibi yöntemler, karmaşık düzenlemelerin inşasını ve tasarımını etkilemiştir. Böylece tasarım sürecinin gelişimi, tasarımın ele alınışı ve mimari formun oluşturulması değişmiştir.

Diğer bir deyişle, optimizasyon kavramlarının mimari form kavramları ile uyumlu olmamasında bir karışıklık görülebilir. Çünkü her mimari hareket ve tarz, takip edilmesi gereken kendine özgü ve ayrı bir form tanımını ifade eder. Bu değişimler (İklim değişikliği ve çevre sorunları) nedeniyle, mimaride biçim kavramını gerçekleştirmenin geleneksel yolları eski verimini alamamaktadır. Dolayısıyla bu araştırma, optimizasyon kavramları çerçevesinde formun ortaya çıkışını sağlamak amacı ile yapılmıştır.

Bu bağlamda, parametre belirlemeye dayalı form optimizasyon yöntemlerinde çok sayıda alternatif elde edilir ve bir alternatifi seçilmesi gerekmektedir. Ancak bir amaç fonksiyonunda tasarım öncelikleri nasıl belirlenir, ideal mimari form nasıl sonuçlandırılır, bir formdaki arzu edilirlilik göstergeleri hangi faktörlere bağlıdır, formlar bir şantiyede tam koordinasyon içinde ve aynı anda nasıl optimize edilebilir sorularını da ortaya koymaktadır.

Ne yazık ki araştırmacılar bu alana ağırlık vermemiş ve form optimizasyonu çalışmalarında mimari kavramları ve detayları pek önemsememiştir. Bu nedenle birçok mimar, tasarımcının zihinsel hedeflerinin göz ardı edildiğine inandıkları için optimizasyon yöntemlerini kullanmak istememektedir. Bu alandaki 2006-2022 tarihli makalelerin incelemesine bakıldığında, çok amaçlı tasarım araştırma yöntemlerinin problem oluşturma aşamasına odaklanmadığı veya nadiren sorunu yeniden yapılandırmayı içermediği görülmektedir.

Bu eksiklik; ilişkilerin belirsizliğinden, tasarım parametreleri arasındaki çatışmalardan, gereksiz veya gerçekçi olmayan tasarım kısıtlamalarının varsayılmasından ve yaratıcı tasarım sürecinin basitleştirilmemesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, belirsiz bir sorunu çözmek parametrik model veya tasarım araştırma yönteminde yer almayan bir tasarım parametresi etrafında çözüm bulmak için otomatik hesaplamalı yaratıcı tasarım programı uygulanabilir. Aslında, bu tasarım keşfi sorun bildirimi ve çözümünün eş zamanlı evrim süreci olarak tanımlanabilir (Cross K. D., 2001) (D. Yang, 2020) (Petreche M. K., 2012).

Bu çalışma mekansal gereksinimleri karşılayan çok amaçlı optimizasyon modelleri için bir tür seçim yöntemidir. Formun oluşturulması sırasında, maksimum işlevselliğe ulaşmak için istenen veriler programlanmaya çalışılmış ve istenen formun oluşum süreci hiyerarşisi, mimarın hedefleri, mekansal ve çevresel tanımlamalara göre belirlenmiştir. Bununla beraber mimarlık ofisleri ve inşaat projeleri için oldukça faydalı olmasının yanında mimari formun ortaya çıkmasında optimizasyon tanımlarının ve etkili faktörlerin “Araştırma

Odaklı” bir bakış açısıyla yeniden incelenmesi konusunda tartışmaların başlangıcında oluşturabilir.

1.3. Çalışmanın Araştırma Soruları ve Varsayımları

Mimarlık literatürünün önemli bir bölümü, tasarımı doğrusal olmayan bir süreç olarak tanımlar. Problem, tasarım alternatifleri oluşturmak veya problemin çözümünü etkileyen performans ölçütlerini bir bütün olarak değerlendirmektir (Lawson's, 2005) (D. J. Gerber, 2017) (M. Turrin, 2011) (Yang, 2013) (Buelow, 2012). Lloyd ve Scott, sorunlu yapının bir mimari tasarım sürecinde tekrar tekrar ortaya çıktığını söylemektedirler (Pirolli, 1999) (D. A. Schon, 1988) (Scott, 1995). Bu durum tasarım keşfi, problem bildirimi ve çözüm geliştirme olarak tanımlanabilir.

Bu çalışma; form bulmanın nasıl olacağı, çeşitli yönlerinin açıklanması, form oluşumunda etkili optimizasyon parametrelerinin belirlenmesi ve tasarım alternatiflerinin seçiminde nasıl karar verileceğini ortaya koyacaktır. Bu süreçte, “Temel Form” için rasyonel kararlar vermek tasarımcılar için yararlı olacaktır.

Çalışma sorularının ve varsayımlarının karşı karşıya olduğu hipotezler;

- Soru 1: Bir çok amaçlı fonksiyonda(multi-objective function) tasarım keşif kriterleri ile eş zamanlı etkileşim kurarak optimal nicel ve nitel uygun çözümlere ulaşmak mümkün müdür?
- Varsayım 1: Evrimsel algoritmaları² kullanarak çok amaçlı işlevsel optimizasyon uzantılarını (amaç işlevinde seçme ve değiştirmeyi) kullanarak çok yüksek niceliksel ve niteliksel sonuçlar elde edebilir.
- Soru 2: Tasarım bağlamındaki veya tasarımcının öznel hedeflerindeki herhangi bir değişiklik ile ilgili olarak "beklenmedik çözümler ve tasarım keşif kriterlerinin dinamik olarak ayarlanması keşfedilebilir mi?
- Varsayım 2: Sonuçlar, bağımsız bir parametreye dayalı seçim kriterleri kullanılarak ayarlanabilir.

² Evolutionary Algorithms

1.4. Çalışmanın Amacı ve Hedefleri

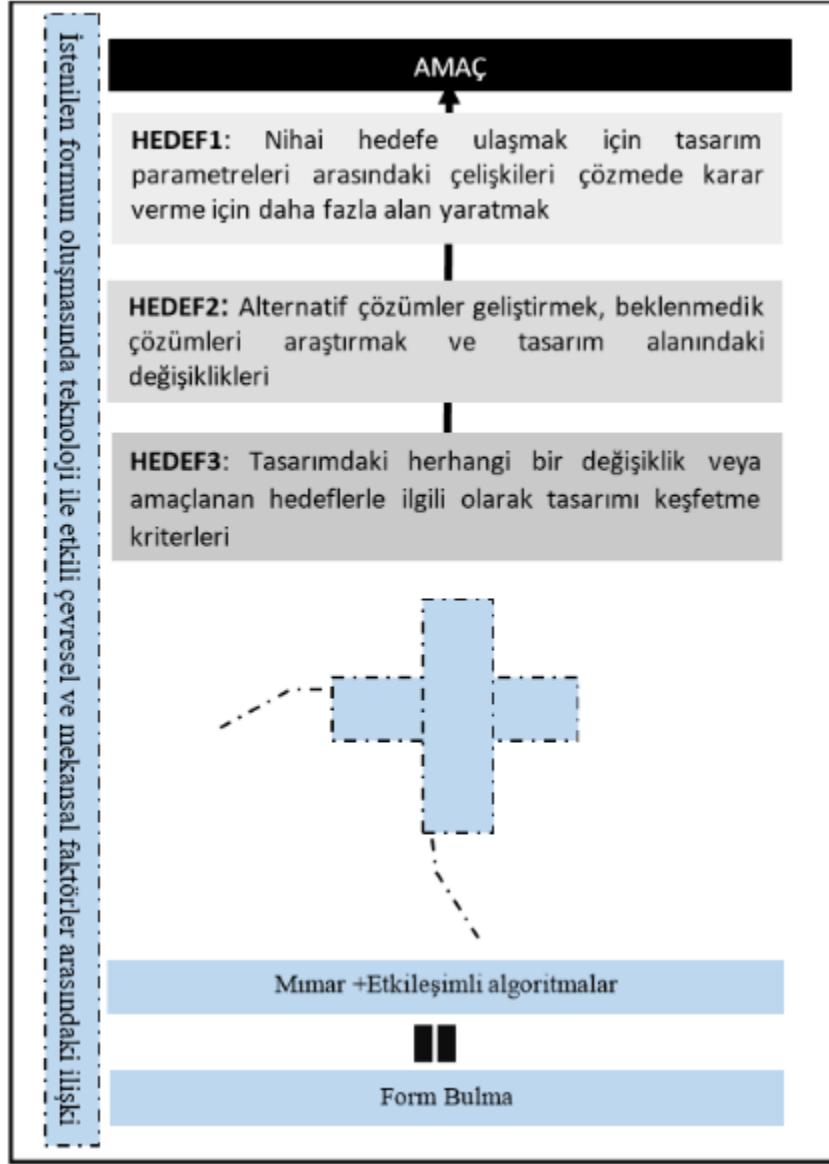
Bu çalışmanın amacı, mimarlık alanında form optimizasyonu konularına ulaşmak için tasarım sürecinde ideal form bulma aşamasını desteklemek üzere çok amaçlı fonksiyonların tasarımında yeni bir yöntem ortaya koymak ve tanıtmaktır. Önerilen yöntem, genetik algoritmayla ilişkili plug_inlar kullanılmasıdır. Bu yöntemin kullanımı ve entegrasyonu, mimarlara ve bina tasarımcılarına daha geniş bir alanda farklı çözümler elde etme yeteneği verecektir. Başlangıç parametrelerinin belirlenmesine göre farklı sonuçlar elde edilmesiyle çelişkili amaçlardaki çatışmaları çözme becerisini sağlayacaktır. Bunun yanında, analiz araçlarının tasarımcıların zihniyetiyle bütünleşmesi, tasarım sürecinde yaratıcılığın keşfedilmesine ve ortaya çıkmasına neden olacaktır.

Bu yöntem, bir mimari tasarım projesi tanımlandıktan sonra, tasarım alternatiflerini değerlendirmek, problem bildirimleri ve ilgili çözümler geliştirmek ve nihai bir karar vermek için birkaç kez tekrarlanabilir. Bir tasarım yönteminin yinelemeli doğası ve tasarımcının daha fazla olasılık keşfetme arzusu, uygulanabilir çözümler bulmak için algoritmik programlama yöntemlerinin kullanılmasına yol açar.

Daha fazla tasarım hedefine ulaşmak için daha fazla parametre dahil etme yeteneğine sahip yeni tasarım metodu, beklenmedik (öngörülemeyen) çözümlere yol açar ve tasarım süreci hedeflerindeki herhangi bir değişiklik ile ilişkili olarak araştırma kriterlerini dinamik olarak ayarlar. Bu durumda tasarımcının amacı optimizasyon forma ulaşmaktır. Parametrik tasarım yönteminin yinelemeli doğası, ilgili çözümlerin geliştirilebilmesi için tasarım alternatiflerinin değerlendirilmesini gerektirir Hesaplamalı kavramsal tasarım yönteminin uygulanmasındaki yaygın bir zorluk, bir projenin sonucunu etkileyen parametrelerin belirlenmesidir. Bazen parametrik modelde ve form keşif yönteminde yer almayan bir tasarım parametresi etrafında çözüm bulunabilir. Bu zorluk, bir projenin birbiriyle çelişen tasarım hedefleri olduğunda daha olasıdır.

Genel olarak, bu araştırmanın takip ettiği hedefler şunları içerir (Şekil 1).

- Nihai hedefe ulaşmak için tasarım parametreleri arasındaki çatışmaları çözmede karar verme için daha fazla alan yaratmak
- Alternatif çözümler geliştirmek, beklenmedik çözümler aramak ve tasarımdaki değişiklikleri dikkate almak
- Plandaki herhangi bir değişiklik veya istenen hedeflerle ilgili olarak planın keşfedilme kriterleri



Şekil 1. Çalışmanın amacı, hedefleri ve çıktıları

1.5. Çalışmanın Önemi

Hesaplamalı tasarım veya daha spesifik olarak parametrik, üretken ve algoritmik tasarımlar, tasarım problemlerine daha iyi çözümler sağlar.

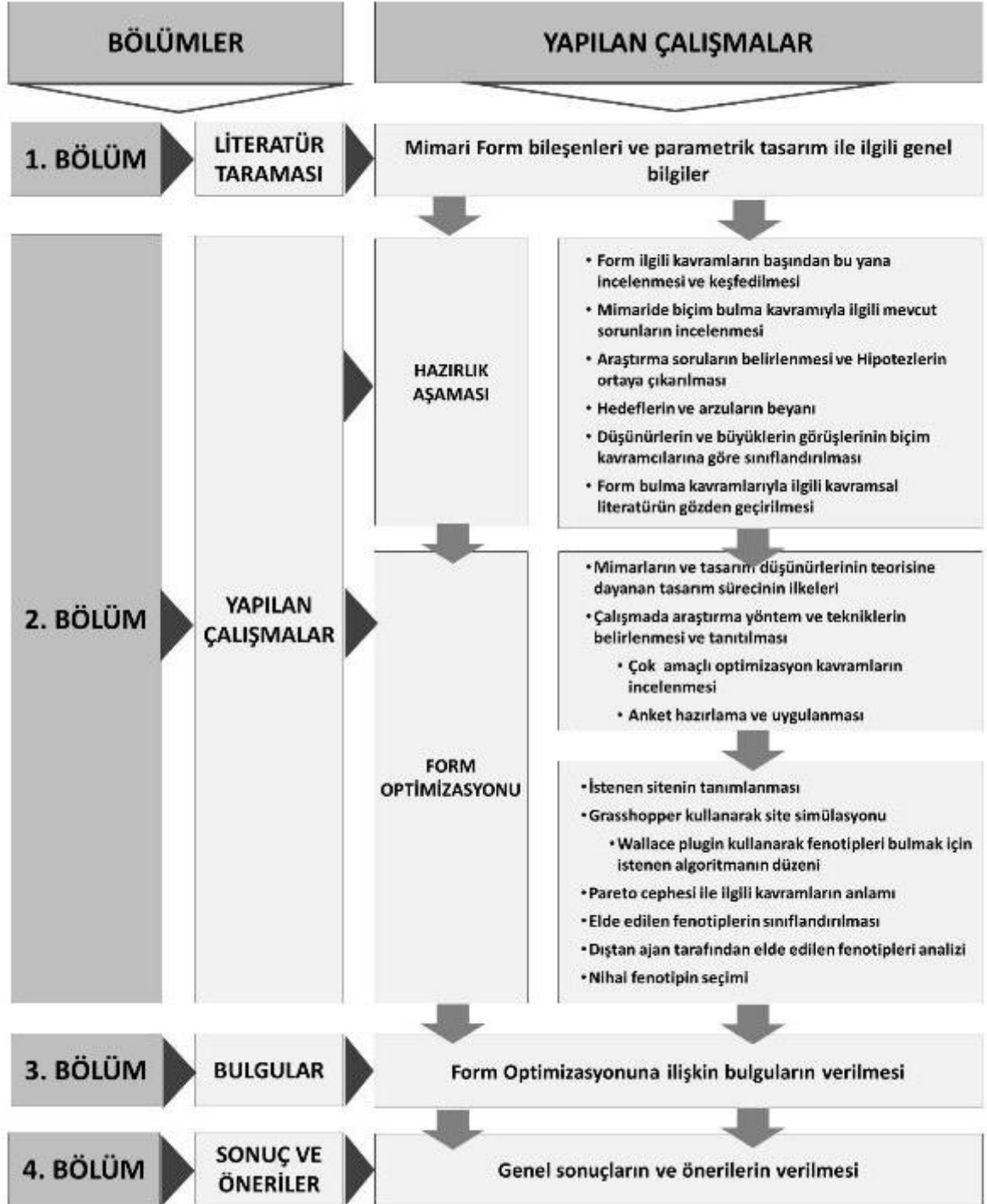
Hesaplamalı tasarımın diğer alt kümelerinin yanı sıra üretken tasarım, genellikle biçim bulma ile ilişkilendirilir. Üretken tasarım genellikle, belirli kısıtlamalara dayalı olarak farklı tasarım seçeneklerini analiz etmek, yinelemek ve incelemek için algoritmalar kullanan bir tasarım yaklaşımı olarak tanımlanır. Üretken tasarımda birden fazla hedef seçilir. Aynı anda birkaç amaç fonksiyonunu çözmenin tasarımcıların sorumluluğu dışında olduğu açıktır.

Bu araçlar saatlar içinde binlerce çıktı üretebilir. Hiçbiri gereksinimleri karşılamıyorsa, mimar daha fazla tasarım seçeneği oluşturmak için kısıtlamaları ve bilgisayar algoritmalarını değiştirebilir. Üretken tasarım, ister doğadan ister bağlamdan esinlensin, herhangi bir biçimlendirici süreçte çalışmaktadır. Sonunda hepsi çıktıyı üreten kısıtlamalar ve algoritmalarıdır. Çok eski zamanlardan beri, inşa edilen biçim, mimarın ilhamlarından, deneyimlerinden etkilenmiştir. Form bulmak sadece estetik öge değildir. Aynı zamanda yapının inşa edilebilirliği, programlar ve işlevler göz önüne alındığında sürdürülebilirliği ile de ilgilidir. Mimaride enerji verimliliği, yüksek performans ve sürdürülebilirlik için artan talep, bu talepleri karşılamak için biçim de dahil olmak üzere her tasarım ögesinin birlikte çalışması gerektiği anlamına gelmektedir. Binanın formu strükturenden daha fazlasıdır .Ancak, oluşturulan formun arkasında herhangi bir analiz veya veri olmadığında bir gerçektir. Bu nedenle günümüzde form bulma yöntemlerinin önemi geçmişe göre daha belirgin olarak görülmektedir.

Optimizasyon kavramlarını kullanan mimari teknoloji, nasıl inşa edileceğine dair yeni bir politikayı somutlaştırdı. Küçük, orta ve büyük ölçekte optimal form tasarımının oluşturulması, pratik bilgi ve teknolojik fikir birliği ile mümkündür. Tasarımı etkileyen bileşenlerin (Parametrelerin) tüm ölçeklerde değerlendirilmesi ve istenen temel forma ulaşmak için tasarımın bileşenleri arasındaki ilişkilerin anlaşılması ve açıklanması bu araştırmanın ana çerçevesini oluşturmaktadır.

Aşağıda çalışma yönteminin adımları yer almaktadır (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışma yönteminin adımları



1.6. Çalışmanın Alan Kapsamı

İnşaat projelerinin nasıl oluştuğu belirlenen politikalar, ekonomik- sosyal değerler ve diğer birçok şeyi içerebilen teknolojik yaklaşımlarla ortaya koyulmaktadır.

Dijital kavramların mimarlığın performansı üzerindeki etkisi, mimarlığın temel ilkelerini ve karar verme kurallarını etkilemektedir.

Mimari projelerin karmaşık, zaman alıcı, hesaplamalı ve bazen sınırlayıcı doğası göz önüne alındığında, optimizasyon yöntemlerinin kullanılması çok yardımcı olabilir. Mimari tasarım bilimi temel olarak biçim bulma bilimidir.

Bir projede çevresel konfor kavramının nasıl tasarlanacağı ve fonksiyonların iyileştirilmesine dayalı temel formun nasıl bulunacağı bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Elbette bir projede farklı hedefler vardır ve hedeflerin koşullarına ve derecelendirilmesine göre, ilk inceleme için en fazla üç hedef seçilebilir. Diğer hedefler daha sonra yerleştirilebilir ve değerlendirilebilir. Bu çalışma, akıllı form bulma bilgisi almakla ilgilenen tüm mimari projeleri kapsamaktadır. Bunun yanında BİM'e (Yapı Bilgi Modellemesi) bağlanma imkanı sunmaktadır. İlk adımda, bu yöntem, tekrar tekrar değiştirilen ve seçilen bir modele dayanmaktadır. Model tabanlı optimizasyon, mimarların tasarım arayüzlerinde tasarım sorunlarını ve çözümlerini görsel olarak ifade etmelerine imkan sağladığı için faydalı görülmektedir.

Bu yöntem hesaplamalı optimizasyona dayanmaz, ancak mimarın yaratıcı problem çözme yoluyla optimizasyon alanları bulmasını gerektirir. Bu yöntem, bireysel performansa bağlı olarak sınırlıdır ve tek başına en etkili optimizasyonu vermesi olası değildir. Simülasyon sonuçları performans gereklilikleri ve tavizlerle çeliştiğinde optimizasyon simülasyonla birlikte kullanılabilir. Ayrıca, mimari alan bilgisinin algoritma tarafından bilinmediğini ve tasarımcının simülasyondaki değişkenleri basitleştirmek için parametreler manuel olarak değiştirilebilir. Bu süreç yöntemin uygulama alanını büyük ölçüde genişletebilir.

Bu yöntemin kullanılması çevre ile biçim kavrayışını gerçekleştirecek ve elde edilen sonuçlar kullanıcılara çevre konforunu da beraberinde getirecektir. Bu anlamda mimarlık ofisleri ve kentsel çalışmalara ilgi duyanlar için oldukça faydalı olabilmektedir.

1.6.1. Çalışmanın Tarihsel Kapsamı

Mimarlık, mekan yaratma sanatıdır ve fiziksel form, kullanıcılarını etkilemesinin ilk yoludur. Mimarının mekânı, işlevi, duygusu ve kavramı biçimle ifade edilir. İşlevsel değerler ile gerçek yapı arasında köprü olan mimarının biçimi ve gelişimi; sosyal kavramlar, bilim, teknoloji ve çevre gibi dış faktörlerden etkilenir. (H Baker, 2017).

Mimari biçim stilleri, zamanlarının karakterlerinin düşüncesini yansıtır. Antik Yunan'da büyük sütun sistemi köle toplumu sisteminin ve onun felsefi düşüncesinin merkezi bir yansımasıdır. Antik Roma'nın geniş, yoğun alan takıntısı, mahzenin üstün inşaat teknolojisi, imparatorluğun topraklarının genişlemesini yansıtır (خبازی, ۱۳۹۱).

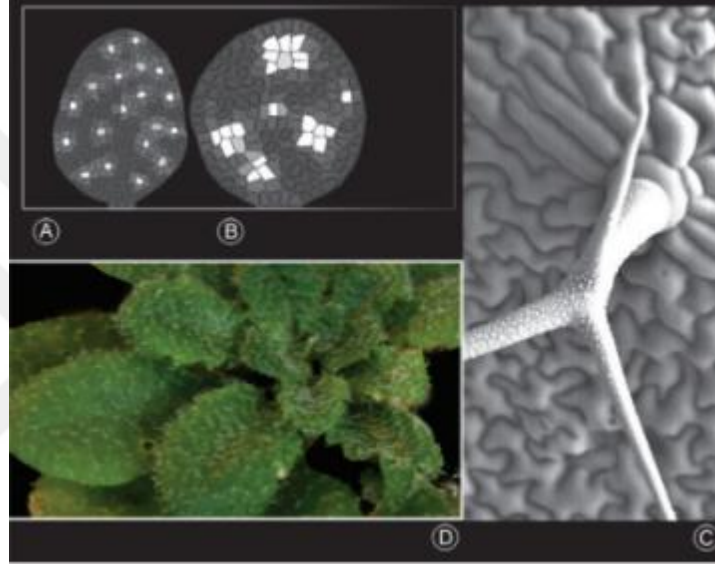
Feodalizmle birlikte Gotik binalar ve özgür şehir düzeni ortaya çıktıkça, Rönesans'ta ve erken kapitalizmin hızla geliştiği kuzey İtalya kentlerinde tam orantıyı vurgulayan ideal organize mimari tarz, aydınlanma rasyonalitesinin parıltısını göstermiştir. (Schnabel, 2007). Barok mimarının amacı, mekansal sürekliliği, imparatorluğun büyüyen otoritesini ve toprakların mutlak hakimiyetini modellemeye odaklanmaktır.

Farklı bir toplumsal sistem içinde büyüyen orta sınıf, basit neoklasizm temsil ediyordu. Savaş sonrası demokratikleşme sürecinde büyüyen işçi sınıfının etkisiyle endüstriyel üretim çağında parlak Fordizm markasıyla, radikal ve soyut modernizm seküler mimariyi içermeye başladı. Modernizm mimarisinin yükselişi sırasında, postmodernizm, yapı sökülme, post-endüstriyel çağda artan iletişim ve toplumsal yaşamın karmaşıklığı ile başa çıkmak için sürekli çaba sarf etmektedir. Küreselleşme kavramlarının etkisi altında, kültürde farklı gelişme süreci, farklı sanat formları ve disiplinleri arasında kapsamlı iletişim, kesişme ve bütünleşme büyük ölçüde teşvik edilmiştir, ” (خبازی, ۱۳۹۱).

Deleuze'ün insan merkezilik teorininin temsil ettiği postmodernizm felsefesi ile dijital tasarım ve inşasının sunduğu yeni teknoloji, disiplinlerin sınırlarını aşarak mimari formun yeniliği arayışında bir devrim başlatmıştır.

Aynı zamanda, morfogenez hakkındaki tartışmalar başlamıştır (Şekil 2). Şu anda, farklı bir mimarlık alanının gelişiminin arka planı altında, Ortaya Çıkma, Deformasyon, Katlama ve Animasyon teorilerini içeren morfogenez ortaya çıkmıştır. Örneğin, John Hollander "Emergent" fenomeninin sistemini, modelini ve kurallarını sunmaktadır. Tıpkı doğadaki biyolojik sistemler gibi mimarının de basit kurallarla sınırlı karmaşıklığa sahip olması gerektiğine ve düzenli yan yana dizilmenin görünüşte sınırsız olanaklar yaratabileceğine inanmaktadır. Ayrıca, insanların basitliğe ve onun mekanik iyileşmesine

odaklanmaya daha yatkın olmalarının nedeninin, araştırma teknikleri ve yöntemleriyle sınırlı olmaları, ancak yorumlamayı mümkün kılan şeylerin gerçek özünün basitlik olduğunu kabul etmemeleri olduğunu vurgular. Greg Lin, "animasyonlu biçim" teorisinde, mimarinin belirli biçimini, fark ve kuvvetten oluşan dinamik denge altındaki fiziksel bir durum olarak görür. John Fraser, yaşayan bir organizma gibi mimarlığın da unsurlarını düzenlemesi ve davranışını uyarlaması gerektiğini öne süren morfogenez (evrimsel mimari) teorisini önerir. FOA ofisi "gelişimsel morfoloji" teorisini önermektedir (Phillips, 2010).



Şekil 2. Examples of morphogenetic models³

Ağaç daha sonra üretici sistemi yedi yanıt faktörüne dayalı olarak oluşturur. NOX ofisi, "anlamsız yapı" morfojeniz teorisini önerir ve etkileşimli medya aracılığıyla mimari form ile kullanıcılar arasında etkileşimli bir diyalog gerçekleştirir.

Morfogenez teorisinin farklı özelliklere sahip birçok dalı olsa da, ideolojik özünde mimarlık, belirli bir kullanımın gereksinimlerini karşılamak için insan yapımı bir sığınak olmaktan ziyade, belirli alanlarında kök salmış organizma benzeri bir varlık olarak kabul edilir. Mimari morfogenez, bir veya daha fazlasına yanıt olarak kendi kendini organize eden bir morfolojik gelişim süreci olarak tanımlanır. Morfojeniz teorisinin farklı özelliklere sahip

³ Arabidopsis'te trikom dağılımının simülasyonu.(A, B) Genetik düzenleyici ağdan elde edilen gen ifadesi kalıpları.(A) Trikomların tipik dağılımı.(B) Mutant dağılımı (Dupuy ve diğerlerinin (Lionel Dupuy, 2008) çalışmasına dayanan kavramsal diyagramlar). (C) Tek bir Arabidopsis trichome, kriyo-tarama elektron mikroskobu görüntüsü (Emmanuel Boutet tarafından). (D) Arabidopsis, fotoğraf (Colin Purrington tarafından). (Roudavski, 2009)

pek çok dalı olsa da, ideolojik özünde mimarlık, belirli bir kullanımın gereksinimlerini karşılamak için insan yapımı bir sığınak olmaktan çok, belirli alanlara kök salmış yaşayan bir organizma olarak kabul edilir. Mimari morfogeneze, belirli bir türe veya birkaç özel mantığa dayanan bir veya daha fazla dış kuvvete yanıt olarak morfolojik olarak kendi kendini organize eden bir geliştirme süreci olarak tanımlanır. Bu süreç sayesinde nihai mimari tasarım elde edilir ve yukarıdan aşağıya yaratma modeli, aşağıdan yukarıya bir üretim planı haline gelir. Formun oluşturulması, mantığın ayarlanmasını ve parametrelerin girilmesini gerektirir.

Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişmesinin getirdiği yeni bir tasarım tekniği olan "parametrik tasarım", morfogeneze teorisinin geliştirilmesi ve tasarım fikirlerinin uygulanması için pratik teknik, destek ve uygulama platformu sağlamıştır. 1950'lerde Amerika'da ilk bilgisayarlı çizim sisteminin doğuşundan bu yana, mouse gibi CRT ve grafik giriş tekniklerinin gelişmesi ile, 1990'ların başından itibaren bilgisayar yavaş yavaş çizim tahtasının ve T-karenin yerini almıştır. Mimarların tasarım planlarını yansıtma ve ayarlamaları için temel araçlar olan bilgisayarların tasarım alanında kullanımının bilgisayar destekli tasarım aşamasına girdiğini duyurmuştur (Phillips, 2010).

Her ne kadar bu dönemde bilgisayar destekli tasarım ağırlıklı olarak "Tasarım ifadesi" kullanılsa da, grafik çizim ve modifikasyon sürecinde, söz konusu işlem, çizim programında temel alınan verilerin çalıştırılması ve değiştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Dolayısıyla program çizimin diğer bölümlerine yanıt olarak yapılmıştır. Son olarak, uygulama kullanıcı ara yüzüne yansıtılır ve çizimde değişiklik amacı gerçekleştirilir. Bu tek sonlu parametre süreci, yani giriş-geri bildirim modelidir.

Yeni teknolojilerin gelişmesi, şüphesiz yeni yöntemlerin ortaya çıkmasına yol açacaktır. Bu yüzyılın başında daha gelişmiş bilgisayar destekli tasarım ortaya çıkmıştır. Bu tasarım yönteminin amacı, nihai sonucun girdi parametresine tepki mantığını tanımlamak ve nesneler arasındaki mantıksal ilişkiyi tanımlayarak değişken girdi ve çıktı arasında iletişim kurarak nihai tasarımı daha fazla etkilemektir. Bu yöntem, verileri nicelleştiren ve aynı anda tasarım sürecinde karşılıklı kısıtlamalar yaratan belirli şekillerden ziyade nesneler arasındaki mantıksal ilişkiyle ilgilenir, bu nedenle çok boyutlu bir parametredir (A. Rolvink, 2014).

Bu bağlamda genellikle "parametrik tasarım" olarak adlandırılan "mantıksal girdi işlevi geri bildirim" şeklinde soyutlandırılabilir.

Bir zamanlar mimari somutlaştırılmış bir taslak olarak düşünülürken, günümüzde bu görüş yerini yavaş yavaş gerçekleşmiş bilgilere bırakmaktadır (Phillips, 2010). Yeni

yüzyıldan bu yana, parametrik tasarım, tasarım planları oluşturmak ve optimize etmek için "genetik algoritma", "sürü zekası" ve "makine zekası" gibi diğer disiplinlerdeki araştırma başarılarına giderek daha fazla atıfta bulunmaktadır. Bu durumda parametrik tasarım bir grup öncü mimar ve teorisyen tarafından incelenmiş ve popüler hale getirilmiştir.

Örneğin, Harvard Üniversitesi'nden Costas, dilin mantıksal inşasına dayanan kendi kendini organize eden bir mimari sistem oluşturmak için "biçimsel gramer" kullanmıştır. "Schoch Odio" ve "Paul Coates" hücresel ve genetik otomata kullanmıştır.

Üretken sistemi oluşturmak için algoritma ve UN Studio, B.I.G ve Zaha Hadid gibi ofisler de ilgili pratik çözümler geliştirmiştir. Yeni CCTV adresinin tasarımında, OMA ofisi ve mühendislik danışmanlık şirketi ARUP, yüzeyini oluşturmak için mekanik analiz sonuçlarını kullanmıştır. Norman Foster, Londra Belediye Binası'nı tasarlarken, binanın formunu güneş ışığına göre ayarlamıştır (Phillips, 2010).

Bu nedenle, parametrik tasarımın mimari form oluşturmak için yeni bir kavram ve yöntem sağladığı açıkça görülmektedir.

1.6.2. Literatür Araştırması

Günümüzde yeni ve gelişen teknolojilerin ortaya çıkması ve yeni bilimlerin uygulanması nedeniyle mimarlık yeni bir yaklaşım benimsemiştir. Bu gelişmeler nedeniyle mimarlığın temel kavramlarının her geçen gün yeni bir tanımını görebiliriz. Bir proje tasarlamak çoğu zaman yeni ve farklı formların yaratılmasına yol açar. Bazı durumlarda tasarlanan problem yerine, çevresine ve işlevine uymayabilir. Veya tam tersine aşırı dikkat çekebilir. Bu durumdaki projenin performansı bu ölçüde anlatılmamış ve geliştirilmemiş olabilir. Bu nedenle bilgisayar hesaplamalarına göre formun dağılmasını önleyecek ve temel form için basit bir talimat altında çalışmaya başlayacak şekilde revize edilmesi gerekecektir. Bu çalışmada, tasarımda öncü olan birçok çalışma ve fikir incelenip analiz edilmiş ve mimarinin tanımı; algoritmik ve hesaplamalı kavramların pratik kavramların ayrılmasına neden olmuş ve sonrasında "algoritmik mimarlık"⁴ kavramları ortaya çıkmıştır.

Yapılan bazı çalışmalar, ağırlıklandırma yöntemini (Kai Cao, 2012). Yani, veri madenciliği tekniklerini, kümeleme ve sınıflandırma algoritmalarının uygulanmasını veya

⁴ "Algoritmik mimari" kelimesinin kullanımı çok doğru görünmüyor, bu araştırmanın yazarına göre algoritmaların kullanılması mimaride bir tarz değil, hedeflere ilerlemek için bir tekniktir. Bu nedenle ne yazık ki birçok mimar çalışmalarında bu bilim ve tekniği kullanmaktan kaçınılmaktadır.

tasarım hedeflerinden ödün vermek için arama uzayının mesafesine dayalı çözümlerin ayrılmasını önermektedir (Deb K. , 2001) (Juergen Branke, 2008) (Echenagucia, 2012). Bu yöntemler, tasarımcılara nihai karar verme için bazı örtük arama hedefleri sağlasa da, mimarların veya yapı mühendislerinin nadiren sahip olabileceği özel bilgileri gerektirir. Ayrıca, bu yöntemler tamamen ortadan kaldırılabilir veya tasarımcıların tasarım hedefleri arasındaki çatışmaları çözme ve yenilikçi tasarım kararları verme zihniyetini veya yaratıcılığını sınırlayabilir. Bu nedenle, bu araştırmada, başlangıç formunun oluşturulması için çok amaçlı tasarımın yöntemini ortaya çıkarmak için birçok araştırma ve fikir incelenmiş ve analiz edilmiştir.

Her dönemdeki Form, o dönemin egemen felsefesinden etkilenir ve teorisyenler, anlamsal(manevi), fiziksel(maddi) ve (maddi + manevi) olmak üzere üç boyutta kategorize edilebilecek farklı tanımlar vermişlerdir. Teorilere göre, form sadece maddi veya anlamsal bir boyuta odaklanmıyor. Sistem biçimi, bir olgunun anlaşılır karakterini ve kimliğini oluşturan, bileşenlerinin birleşimi ve yapısal ilişkileridir. Ayrıca madde ve içerikle bütünleşen ama farklılık gösteren zihinsel yönleri vardır (Tablo 2).

Tablo 2. Formun doğası ve felsefesi

YAKLAŞIM	TEORİSYENLER	TEORİ	KAYNAK
ANLAM	Platon	Tüm varlıklar, anlam dünyasında yer alan gerçek formlara tabidir. Form, maddenin zıttıdır ve özünde sabittir, tekrarlanamaz, güvenilir ve tanımlanabilir ve iki iç (iç ve dış) düzeni vardır.	(ظفرمند, 1381)
	Seyyed Hossein Nasr	Geleneksel sanatın anlamını anlamak için biçiminin anlamını anlamak gerekir. Bu nedenle formun anlamsal boyutuna dikkat etmek gerekir.	(نصر, 1981)
	Louis Kahn	Form, varoluş demektir ve herhangi bir şeyin gerçek formu, maddi gerçekliğinden önceki doğasıdır.	(تقوایی, 1389)

Tablo 2'nin devamı

MADDİ VE MANEVİ	Aristo	Her cisim madde ve suretten oluşur ve bu ikisi birbirinin tamamlayıcısıdır. Her olgunun varlığı, etkili, şekil ve maddi dört nihai sebebin sonuudur.	صفدریان ه. ک. (1396)
	Tatarkiewiczç	Biçimin beş farklı anlamı vardır; 1. Güzel bir nesnenin veya sanat eserinin bileşenlerinin düzeni, 2. Doğrudan duylara gelen, 3. Nesnenin sınırları ve yan çizgileri, 4. Biçimin kavramsal özü. nesne ve 5. Zihnin aynı gözlem nesnesine katılımı.	(تاتارکویچ, 1381)
FİZİKSEL	Immanuel Kant	Sanat eseri ritüelin kendisidir ve biçimi, sanat eserinin estetik yönü anlamına gelir. Herhangi bir fenomenin estetiğini anlamının tek yolu, hissi ve anlamı değil, görünüşüdür.	(ضمیران, 1385)
	Wucius wong	Şekli, boyutu, rengi ve dokusu olan, görülebilen, boşlukta yer kaplayan, yön gösteren ve bir yeri tanımlayan her şey formdur. Form, arka plandan bağımsız, pozitif ve tanınabilir bir şekildir.	(ونگ, 1993)

Geleneksel mimaride, günümüz mimarisinden farklı olarak biçim, mimarlar tarafından bağımsız olarak fark edilmemiş ve mimari eserlerin tasarımında ve inşasında mimarların bir yaklaşımı olarak öne çıkmamıştır.

Mimarlık alanında sanatçının amacı mekân yaratmaktır (zevi, 1993). Mekânlar insanları içerir ve davranışlar, olaylar ve faaliyetler onlarda gerçekleşir. Form, bu boşlukları ortamlara dönüştürür ve onlara bir beden verir. Mimarlıkta form, beden ve onun yüzüdür. Le Corbusier'e göre tasarımda önemli olan, bir kavramı ve mesajı destekleyebilen ve işlevsel taleplerini özüne uyarlayabilen bir formun tasarımıdır. Ona göre işlev, biçimi bile takip edebilir (بیکر, 1382). Sullivan, işlev ve çevreyi mimari formun oluşumunu etkileyen iki faktör olarak tanımlamıştır. Ona göre çevre, formun gerçekleşmesinde etkili olan dış güç, formu belirleyen ise ruhban sınıfının iç gücünün performansıydı (بیکر, 1382). Louis Kahn, formun kökenini, tüm fenomenlerde var olan içsel irade veya olma arzusu olarak kabul eder. Bu içsel arzu, sonucu insanın fonksiyonel ihtiyaçları olan insan arzularından kaynaklanmaktadır. Mimarlıkta bu, mimari formda zaten bir hakikat olarak var olan ve o formun nasıl olması gerektiğini dikte eden ebedi bir arzudur (غریبپور, 1400). 1895'te Otto

Wagner form hakkında yeni formların köklerinin yeni yapılarda, yeni malzemelerde, görevlerde ve yeni insan düşüncelerinde olduğunu söylemiştir. Buna göre sanatsal yaratıcılığımızın tek hareket noktası modern yaşam olmalıdır. Bu nedenle, tüm modern biçimler, yeni yasaya ve zamanımızın yeni ihtiyaçlarına (aynı) uygun olmalıdır. Diğer uygulamalı sanatlar gibi mimarlıkta da biçim farklı açılardan incelenmiştir (1382, بیکر)

1. Estetik; Bu alanda görünüm ve şekil kriterleri incelenir ve bazen karşılaştırılır; ölçek, oranlar, arka plan, doku, renk vb.
2. Formun işlevle etkileşimi; boşlukların iç aktivitelerinin, nefes alma ve verme gibi iki yönlü bir süreç olan formun şekillendirilme sürecini nasıl etkilediği.
3. Formun kimliği ve anlamsal doğası; Form, mimarının bir kavramı ifade edebilen ilk karşılaşmadaki görsel içeriğidir. Aslında mimarın zihnindeki fikir, biçim ve içerik arasında bir bütünlük oluşturur.

Form, mimarının karakterini ve kimliğini ifade eder ve özü olmayan mimarının anlamı yoktur. Klasik dönemden farklı ve bağımsız biçim tanımı modernizm ile başladığı ve bu alandaki temel tanımların bu dönem yazılarında aranması gerektiği bilinmelidir. Ancak post-modern dönemde, modernist biçim tanımını eleştiren ve formun diğer yönlerini anlatan çeşitli tanımlara rastlanmaktadır. Mimaride biçim ve mekan, düşünürler tarafından farklı tanımların sunulduğu konular arasındadır. Bu tanımların ortak paydası mimarlık, biçim ve mekan olmak üzere bu üç başlığın birbirleri üzerindeki etkilerinin ilişkileridir (Babak Alemi, 2022).

Teorisyenlerin sunduğu kategoriler de bu ilişkiden etkilenir ve mimaride biçim için belirli kategoriler sağlamak mümkün değildir (Castello, 2001). Bazı görüşlerde biçim, alanı tanımlar, bazılarında ise tam tersi. (Emarai, 2013) Mimari formu doğru analiz edebilmek ve özelliklerini inceleyebilmek için öncelikle oluşumuna etki eden bileşenlerin ve faktörlerin iyi anlaşılması gerekir(1382, بیکر) .

1.6.3.Mimari Form Bileşenleri

Formun bileşenleri hakkında Arnheim, Edentis, Gruter başta olmak üzere düşünürler farklı görüşler ortaya koymuşlardır. Bu görüşler doğrultusunda formun somut ve anlamsal iki boyutuna dayanarak, form bileşenleri somut ve soyut olmak üzere iki bölüme ayrılabilir. Yazar tarafından insanları etkileyen ve görsel zevke neden olan somut kısım, biçim ve renk

ile, soyut kısım ise sosyo-kültürel bağlam ve anlam gibi özelliklerle özetlenmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Mimari formun somut ve soyut bileşenleri

SOMUT BİLEŞENLER		
BİLEŞEN	TANIM	KAYNAK
ŞEKİL	İki boyutlu çizgiler şeklinde ortaya çıkan ve birbirinden ayrılan görsel bir madde ve görünen bir bütündür. Biçim bağlamdır. Seyircinin çevre ile görsel bağ kurmasının ve seyircinin formu ilk kez anlamasının sebebidir.	(فلامکی, 1393)
ÖLÇEK	Bileşenlerin biçimine ve ilişkisine göre birbiriyle ilişkilidir ve izleyicide farklı duygular uyandırır. İki açıdan önemlidir; izleyiciye göre formun boyutu ve bağlama göre formun boyutu.	(پاکزاد, 1394)
RENK	Biçimin görsel ve anlamsal anlaşılmasına yardımcı olan bir niteliktir. Anlamlar geleneksel, kültürel veya sembolik anlamları içerir ve izleyicinin duygularını etkiler.	(کوثری حقیقی, 1396)
DOKU	Dokunma ve görme yoluyla deneyimlenebilen ve anlaşılabilen malzemelerin doğasında bulunan özelliklerinden biri. Dahil olanlar; malzemelerin pürüzlülüğü, yumuşaklığı, gözenekliliği vb.	(Hosna Sadat Shams Dolatabadi, 2018)
MEKAN	1. Bir yerin coğrafi konumu veya fiziksel boyutları ile bir dizi sosyal-psikolojik süreci içeren anlamı iletmek için oluşturulan boşluk. 2. Çevresel faktörlere göre formun yönelimini gösteren iklim, denge, konum, peyzaj, arazi ve din etkisidir	(تاجی, 1393) (دلگرم, 1396)
GÖRSEL DENGİ	Herhangi bir tasarım veya kompozisyondaki bileşenlerin ve öğelerin hoş ve uyumlu bir düzenlemesine veya oranına denge denir.	(چینگ, 1397)

Tablo3'ün devamı

MADDİ OLMAYAN BİLEŞENLER		
KİMLİK VE ANLAM	Seyirci ile mimari eser arasındaki etkileşimin ürünüdür ve pratik, sembolik ve duygusal olmak üzere dört temel ve biçimsel anlam düzeyine ayrılır.	(فلامکی, 1393)
İÇERİK	İçerik ve amaç bir fenomen ve formun bir parçasıdır ve değerler ve geleneksel bilgi alanıdır	(پاکزاد, 1394)
KÜLTÜREL BİLEŞENLER	Bir şeye kişilik kazandıran ve onu diğerlerinden farklı kılan bir dizi kültürel bileşen; bir toplumun bir dizi geleneklerini, düşüncelerini, inançlarını ve değerlerini içerir.	(صفدریان غ., 1393)
SOSYAL BİLEŞENLER	Daha iyi bir yaşam için insanlar arasında etkileşim oluşturmak amacıyla insan toplumlarının ihtiyaçlarından biridir ve fiziksel ve işlevsel olmak üzere iki yönü vardır.	(Hosna Sadat Shams Dolatabadi, 2018)

1.6.4. Form Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Bina formu her zaman çevre, toplum, kullanıcılar, işveren vb. tarafından plana empoze edilen bir dizi faktörden etkilenir. Bu faktörlerin bilinmesi ve kategorize edilmesi ve nihayetinde formun farklı yönleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi, "istenen bir form" oluşturmak amacıyla dikkate alınmalıdır.

Formu etkileyen faktörleri belirlemek için düşünürlerin görüşlerinden yararlanılmıştır. Bu teoriler analiz edilerek form bileşenleri iç ve dış faktörler olmak üzere iki kategorinin sonucu olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 4). Etkiyi anlayabilmek için mimarın tasarım aşamasından önce formun koşullarını ve kullanımını analiz etmesi ve bunları formun tasarımında ve uygulamasında kullanması gerekir.

Tablo 4. Form oluşumunda etkili faktörler

DIŞ FAKTÖRLER		
FAKTÖR	TANIM	KAYNAK
ESTETİK NİTELİKLER	Uyum, birlik, simetri, denge, istenilen renk, düzen, süreklilik, çeşitlilik, ağırlık ve ritim, ölçek ve orantı doğruluğu gibi ilkelerin etkisi altında biçim güzel ve çekici olmalıdır.	(قوامی, 1391)
ŞARTLAR VE SİNİRLAMALAR	Kurallar iki kategori içerir; nicel (doluluk seviyesi katsayısı, altyapı düzeyi katsayısı vb.) ve nitel (insan ölçeği, kütle ve alan düzenlemesi, duvarların sürekliliği, dikey ve yatay derecelendirme, ufuk çizgisi vb.)	(قنبری, 1397)
TEKNOLOJİ	Tasarım, yapı, malzeme, tesisler vb. çeşitli kullanım durumlarını içeren ve iki düzeyde form analizi ve yapım ve uygulama konularını içeren bölge ve yer ile ilgili bilgiler, yerel formlar ve mevcut binalar, çevre, arkeoloji, entelektüel kökler ve inanç vb.	(Heidegger, 1954)
İKLİM	Form oluşumunda önemli rol oynayan güneş ışığı, rüzgar yönü, sıcaklık, nem vb.	(اسکندری, 1390)
İŞLEV	Sanayi devriminden önce, biçim ve işlev, mimari eserlerin yaratılmasının iki temel boyutuydu, ancak modern mimarinin gelişile birlikte, mimari eserlerde işleve ve biçimin indirgenmesine dikkat edildi.	(کوثری حقیقی, 1396)
EKONOMİ	Ekonomi, formun oluşumunu doğrudan ve dolaylı olarak etkiler ve formun teorik temellerini, işlevsel gerekliliklerini, kural ve düzenlemelerini etkiler.	(Safdarian ve Kothari Haghigi 2016)
İÇ BİLEŞENLER		
PARADİGMA	Her dönemin hakim üslubu, o dönemi düşünmek, yönetmek ve dış gerçeklere cevap vermek üzerine kuruludur.	(صفدریان غ, 1393)
DÜŞÜNCE GÖRÜŞLER	Görünüş özelliklerinden başlar ve günün anzaraları ile bağlantılı olarak formun oluşmasına yol açar.	(ظفر مندی, 1393)

Tablo 4'ün devamı

SİYASİ FAKTÖRLER	Siyasal güçler ideolojilerini mimaride biçim üzerinden inşa etmekte ve otoritelerini meşrulaştırmaktadırlar. Bu formlar yavaş yavaş toplumun mimari tarzını değiştirir.	(محمودی, 1386)
KÜLTÜREL VE SOSYAL FAKTÖRLER	Form ve mekan, insanların yaşam biçimlerine bağlı olarak farklı kültürlerde farklı anlamlara sahiptir. En önemli sosyo-kültürel faktörler normlar, semboller, roller, içgörüler vb.	(محمودی, 1386)

1.6.5. Mimarlıkta Teknoloji Kavramı

Teknoloji her zaman mimarının ayrılmaz bir parçasıdır ve doğru yere yerleştirildiğinde mimarının büyümesine ve yükselmesine neden olabilmekte, öte yandan teknolojinin yanlış kullanımı mimarlığın özgünlüğüne ve kimliğine zarar vermektedir.

Mimari teknoloji, "Bina tasarım sürecinde inşaat teknolojilerinin kullanımı ve entegrasyonunda teknik tasarım ve uzmanlık" (Cen'ek Jarsk'ý, 2022) (Hons, 2018) olarak özetlenebilir veya uygulama, üretim, alma kriterlerine uygun olarak verimli ve etkili teknik tasarım çözümleri üretmek için bina tasarım faktörlerini analiz etme, birleştirme ve değerlendirme yeteneği" (Hons, 2018) olarak düşünülebilir.

Bilgi çağında teknolojiye ilişkin fikirlerin birkaçı aşağıdaki gibi özetlenebilir (Tablo5)

Tablo 5. Mimarlara bağlı teknoloji ile ilgili düşünceler

MİMAR	ETKİLİ DÜŞÜNCELER
Charles Jencks	Charles Jenks, mimarlık alanındaki yeni trendler için doğrusal olmayan mimari terimini önerdi. Bu şekiller, bilinen eğrilerin ötesinde eğrilere sahip formlara sahiptir ve güçlü ve gelişmiş yazılımlar kullanılarak üretilir. Charles Jenks, bu tanımın hemen ardından, "Mimarlıkta Yeni Bir Paradigma" başlıklı en çok satan kitabı (Kolarevic, August 6 /2005) (Vahideh Bagheri, 2012)

Tablo 5'in devamı

Paul Virilio	Çevreleyen dünyayla ilgili en radikal tanımlardan biri, Paris'teki özel mimarlık okulunun başkanı Paul Virilio tarafından sunuldu, ona göre, içinde bulunduğumuz çağda, çevre ile iletişim araçları elektromanyetik dalgalar söz konusudur. Ve bu dalgalar haber sinyallerini ışık hızına eşit bir hızda iletebilirler. Bilginin anlık olarak iletildiğini varsayarsak, dünyadaki herhangi bir mesafe küçük görünür. Virilio bu olguyu eşzamanlılık olarak tanımlar, uzay artık var olamayacak hale gelmiştir. diğer bir deyişle, mimarlıkta, eleştirmenler tarafından yaygın olarak kullanılan bilgi teknolojisi sayesinde, sınırlar aşılmıştır (Puglisi, 1999) .
Stephen Perla	Hiperüzey teorisi, sanal dünyaya gerçek uzayın yanındaki bir alan olarak bakmaz, onu aşkın nesnelerde içsel olarak mevcut olan aşkın bir niceliğin, varlığı mimaride tezahür eden aynı şeyin bir yansıması olarak görür. Perla, hiper seviyenin mimarisini tanımlamak için Tuwaito'nun bir cümlesine gönderme yapıyor. Çeşitli iletişim teknolojilerinin ortaya çıkması hayatımıza biraz akışkanlık kazandırdı. Biz insanız ve temel olarak havayı tüketiyoruz ama içimizde soğuran başka bir boyut daha var. Bilgi, veri ve iletişim araçlarıyla dünyaya bağlı, bu bizi nasıl yapıyor Bu iki insan boyutunu mimari aracılığıyla birleştirerek, ortak bir üçüncü boyuta ulaşacağız (Puglisi, 1999).
Markus Novak	Mimarlık sadece koruyucu bir rol oynamamalı, aynı zamanda çevremizdeki dünyadaki yasalara göre şeklini ve biçimini seçmelidir. Üniversite profesörü ve sanal dünya teorisinin öncüsü Novak, mimarının akışkan olması gerektiğine inanıyor. Bu fikir, o dönemde var olan iki uygulama sisteminin, iki boyutlu bilgileri çizmek ve yazdırmak için basit bir uygulama yazılımı ile üç boyutlu uzayda çeşitli işlemleri gerçekleştirebilen güçlü bir yazılımın birbirine bağlanmasının sonucuydu. Bu yazılımların yardımıyla Novak, 3 boyutlu uzayda ilginç hacimler yaratarak özel bir desen sunmuştur. Parametrelerindeki değişim, mekandaki tüm nesnelerin dönüşmesine neden olur. Bu plan, on yıl sonra parametrik tasarım adı altında önerilen tasarım yönteminin mihenk taşı oldu. Günümüz dünyasında bilgisayarların gelişmesi, proje ile birlikte mimarın rolünü de dönüştürmüştür. Artık tasarımın yaratıcısı, gerekli değişiklikleri projeye değil, yapının kendisine bizzat uygulamaktadır. (Puglisi, 1999).

1.6.6. Parametrik Mimari

Parametrik tasarım, bir dizi parametre ve kuralın birlikte tasarım hedefi ile tasarım sonucu arasındaki ilişkiyi tanımladığı algoritmik düşünceye veya daha iyi bir ifadeyle nicel tasarım yöntemine dayalı bir süreçtir (Dino, 2012). Parametrik tasarım, elemanlar arasındaki ilişkilerin geometrinin ve karmaşık formların yeniden üretimini belirlediği bir tasarım paradigmasıdır. Parametrik kelimesi, matematikteki "parametrik denklem" konusundan gelir ve bir sistemin veya denklemin sonucunu düzenlemek için değiştirilebilen belirli parametrelerin ve değişkenlerin kullanımını ifade eder (Schnabel, 2007). Parametrik tasarım yeni bir fikir değildir ve uzun süredir mimari tasarımların bir bölümünde kullanılmaktadır. Algoritmik ve tekrarlayan tasarım, mimarlık mesleğinde popüler trendlerden biri haline gelmektedir (Turrin, 2011).

Parametrik, bir sanat ve mimari formu tasarlamak ve yapıları için kesin parametreler oluşturmak anlamına gelmektedir. Burada önemli olan nokta nihai çözümlerin kontrol edilemeyeceği ve parametrik tasarım düşüncesinin değişim ve dönüşüm temelinde tanımlandığı ve ileri hesaplama yöntemleri ile imkansız olasılıklar yarattığı biçimlerin tasarımını içermediğidir.

Bina mimarisinin parametrik tasarımı üretken, reaktif ve yinelemeli ve yeni bir yöntemdir, form kontrolü sağlamaktadır. Parametrik mimari; mimarın bağlama, çevreye, yasalara ve düzenlemelere tepki vermesine ve tasarımdan inşaata kadar eksiksiz bir dijital süreç oluşturmaya olanak tanımaktadır. (باستانی, ۱۳۹۰) (Turrin, 2011).

Geleneksel mimari yöntemlerin aksine, üretken algoritma ile hacim modelleme sayılara, geometriye ve hesaplamalara dayanmaktadır. Doğrudan tasarlamaya başlarsanız bile, önce o birimin belirli parametrelere bağlanması gerekmektedir. Sonuç, hepsi birbirine bağlı olan ve belirleyici parametreler değiştirildiğinde, tüm hesaplama yolu değiştirilmekte ve elde edilen hacim üretilmektedir. Hacim üretimi için algoritmik yöntemlerin kullanılmasının yapılar, enerji, tesisler, şehir planlama, inşaat alanı gibi mimarlıkla ilgili disiplinler arasındaki farklılıkları büyük ölçüde azaltacağını da belirtmek gerekmektedir. Grass Hopper gibi yazılımlar, tasarım ve inşaat alanı arasındaki boşluğu doldurmayı başarmıştır (خبازی, ۱۳۹۱).

Parametrik mimari, dış etkenlere ve koşullara bağlı olarak değişir ve çevresel etkenlerle ilişkili olarak bütünleşik bir yapı olarak oluşur. Mimarlık, bütünleşik bir sistem

altında çevresel ihtiyaçlarına uygun şekilde cevap verebiliyorsa ve dış etkenlere karşı doğru bir politika benimsiyorsa, misyonunu doğru bir şekilde yerine getirmiş demektir.

1.6.7. Parametrik Mimari ve Tamamlanmış Projeler

Evin formu, herhangi bir formdan boş olan formsuz değildir. Bilakis onun inşasının, hayatımızın ölçeğine göre kesin bir sınırı vardır. Biçimi, doğal yaşam süreçleri tarafından belirlenir.

Frederick Kessler

Parametrik tasarım, mimarlar için bilinmeyen bir alan değildir. Mısır piramitleri zamanından bugüne kadar, binaların tasarımı ve inşası, hava koşulları, teknoloji, kullanım, kişilik, yer, kültür ve zihinsel durum gibi çeşitli değişken kuvvetlerle ilişkilendirilmiştir. Bilgisayar parametrik tasarımın mucidi olmadığı gibi mimarlık mesleğini de yeniden tanımlamamıştır. Aksine, o zamandan beri mimarların daha kesin nitel ve nicel koşullarla yenilikçi binalar tasarlamasına ve inşa etmesine olanak tanıyan değerli bir araç sağlamıştır (Phillips, 2010).

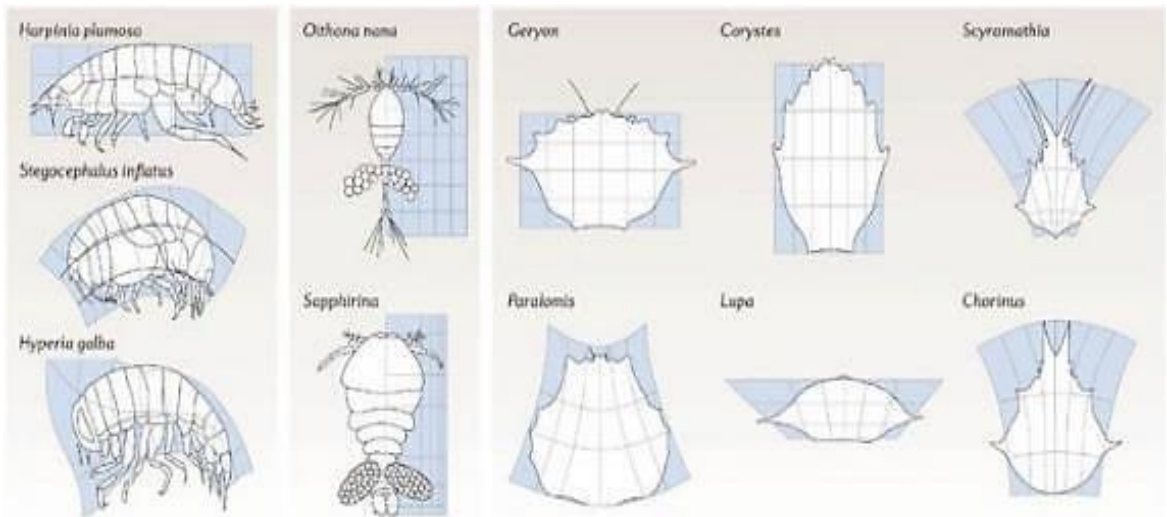
1964'te Boston Mimarlık Merkezi tarafından düzenlenen bir konferansa kadar, elektronik çağın bina tasarımı üzerinde muazzam bir etkisi olacağı herkes için açıktı. Havacılık endüstrisi, yumuşak ve karmaşık yüzeyleri hesaplamak ve mimarları büyüleyen uçakların hareketini simüle etmek için animasyonlar oluşturmak için bilgisayarları kullanmıştır. UCLA öğrencisi Raphael Roig'in "Bağlantılı Dünya Frederick J. Kessler", "Bilgisayar teknolojisinin, karmaşık yüzeylerden oluşan formların doğasında bulunan karmaşıklıkları inşaat diliyle yeniden yaratması an meselesi" olduğunu söylemiştir. Kessler ve aralarında Antonio Gaudi, Enrique Mendelssohn, Frei Otto ve Kiyonori Kikutake'nin de bulunduğu diğer sanatçılar ve mimarlar, farklı derecelerde teknik uzmanlığa sahip karmaşık formları ve yapıları anlamış ve modellemişlerdir. Roig 1960'larda teknolojinin yeni bilgisayar teknolojisinin tasarıma yardımcı olabileceğini fark etmiştir.

Ancak 1980'lere kadar parametrik tasarımdaki gelişmeler mimarlar için faydalı hale gelmemiştir. Yarı bilimsel bitki ve hayvan morfolojisi alanındaki gelişmeler, tasarım teknikleri için yaratıcılık ve yenilikle kullanılabilecek yenilikleri desteklemiştir. Yıllar boyunca doğa, mimarların ve tasarımcıların bina biçimlerinin ve kentsel organizasyon modellerinin temeli olarak kullandıkları kesin karmaşıklığa sahip sistemler ve yapılar geliştirmiştir. Bu görüşü Louis Sullivan, Mies van der Rohe, Laszlo Moholy-Nagy, Sir

Patrick Geddes ve diğerleri, Goethe (Plant Tradition, 1970), Russell (Form and Function, 1916) ve France'ın (Plants as Inventor, 1920) yerleştirilmiştir. Bununla birlikte, Darcy Thomson'ın 1917'de (1942'de yeniden basılmıştır) "Büyüme ve Form" üzerine adlı eserinde yapılan önemli analitik gelişmeler ve 1952'de Alan Turing ve 1968'de Lindenmeier tarafından geliştirilen biyolojik modellerin oluşumu için matematiksel modellere rağmen, morfoloji ilgilenilmedi ve malesef yirminci yüzyılın ortaları boyunca aktif olmayan bilim oldu (Şekil 3) (Arthur, 2006) . Tıpkı Kessler tarafından tasarlanan serbest formlar gibi, "organik yaşamın gelişen yapılarını ve ince kalıplarını hassas bir şekilde ölçmek ve çizmek çok zor olmuştur.

Ancak fraktal teori alanında "Mandelbro tarafından 1982'de" ve "YJ Falconer'ın 1990'da ilerlemeleri" doğada fraktal geometri çalışmaları için bilgisayar biyolojik formları simüle etmek ve üretmek (morfogenez) için bir araç olarak ortaya çıktı. Mercanlar, süngerler ve diğer basit bitki veya deniz organizmaları, ışık, besin maddelerinin okyanus akıntıları vb. gibi sınırlı ölçülebilir kriterlere yanıt olarak büyüyen ve işlev gören parametrik tasarım modelleri kullanılarak modellenmiş, bilgisayarda analiz edilmiş ve yeniden oluşturulmuştur.

Tasarımcılar, mimaride benzer morfolojik simülasyonları uygulayarak, 1980'lerin sonlarından 1990'ların ortalarına kadar bilgisayarları, havacılık endüstrisi ve animasyon endüstrisi için geliştirilen yazılımlarla birlikte "biçimi canlandırmak" için kullanmaya başlamışlardır.



Şekil 3. D'Arcy'nin çizimlerine bir örnek (Arthur,2006)

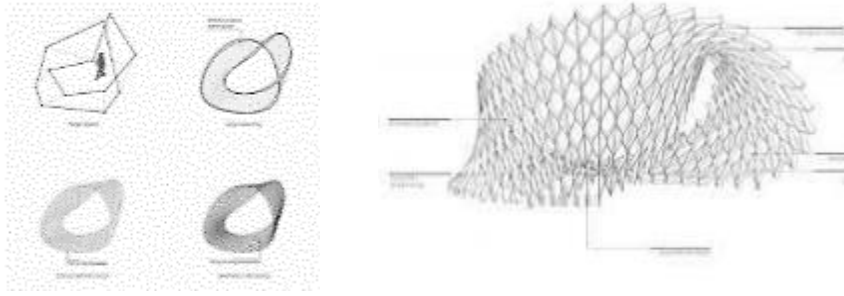
Los Angeles merkezli mimar Greg Lane, mimarinin damlalar ve kıvrımlar olarak bildiği şeyi yaratmak için bilgisayarları kullanma konusunda önde gelen bir teorisyen ve tasarımcı olmuştur. "Dynamics of Form" (1999) adlı kitabı ile yalnızca pratik olarak bilgisayarlarda olmasına rağmen, genetik kodlar ve sistemler kullanılarak tahmin edilebilir şekilde gelişebilecek mimari için bir dizi yönerge ortaya koymuştur. Bu süreç basit ve doğru parametrik kapasitesi nedeniyle spline en uygun yöntem olarak seçilmiştir. Spline eğrisi, bir dizi veri ile koordineli olarak yeniden şekillendirilebilir, uzatılabilir ve çoğaltılabilir. Tüm bu işlemler, eğriyi bir dizi vektör ve veri ile ilişkilendirerek düzgün ve homojen bir eğri üretmiştir.

Ben Van Berkle ve Carolyn Bass Studio, 1995'te "Rubber-Mat Project for Rotterdam, 2045" adlı makaleyi yayınladılar. Bu makale ile animasyon programları aracılığıyla zaman ve hareket diliyle gösterildi. Peter Einzmann'ın 1999'daki "Musee Du Quai Branly Projesi", tasarım teknikleriyle neyin hayal edilebileceğini gösterdi ve 1998'de UN Studio, karmaşık formların tasarımdan inşaata evrimini Trilogy formatında sundu. Bu, günümüzde gelişmiş makineler - CAD/CAM-CNC- ve hızlı prototipleme teknolojisi kullanılarak elde edilebilir.

Şu anda ağırlıklı olarak Columbia Üniversitesi, AA Üniversitesi ve diğer lisansüstü okullardaki öğrenciler ve öğretim üyeleri tarafından sürdürülen parametrik çalışmaların bir sınırlaması, genellikle belirsiz bir şekilde tanımlanmış ve yapımında birçok zorlukla karşılaşan "formlar" olmuştur. Lyn ve BM stüdyolarının yanı sıra, diğer birkaç mimar da inşaat için uygun bir ölçeğe ulaşma konusunu daha derinlemesine araştırmaya başlamıştır; William Massie - Mark Burry - Mark Goulthorpe - Office dA - SHoP - Coop Himmelb(l)au - Asymptote - Jesse Reiser - Zaha Hadid

En yenilikçi mimarlardan sadece birkaçı, parametrik sistemlerle ilgili fikirleri keşfeden tasarım ve üretim tekniklerini takip etmektedir.

AA Üniversitesi, muhtemelen bu konudaki uluslararası araştırma ve geliştirmenin merkezi olan "Tasarım Araştırma Laboratuvarı (AADRL) ve Emergent Technologies in Design (EmTech)" adlı iki araştırma programı başlatmıştır (Şekil 4) (Quintana, 2020). Şu anda AADRL'de çalışan Yusuke Obashi, 2002 yılında Preston Üniversitesi'nde okyanus dalgalarına dayalı enerji üreten yüzen bir yüzey tasarlamak için parametrik tasarım ilkelerini kullandığı "Dalga Bahçesi" başlıklı ilginç bir makale sunmuştur.

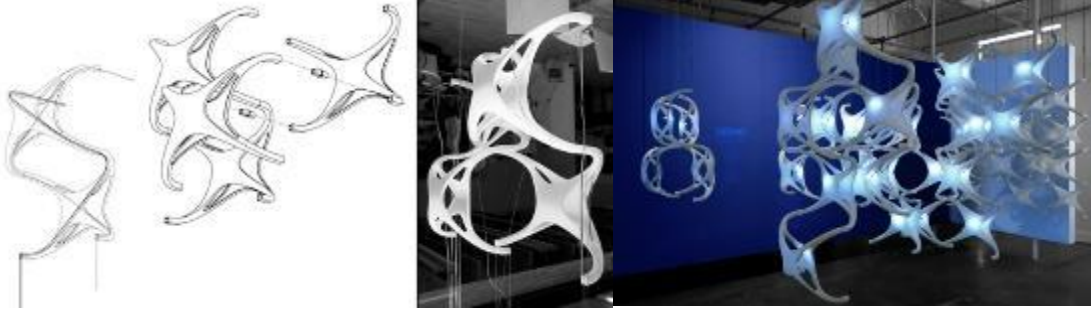


Şekil 4. Darcy'nin çizimlerine bir örnek (Arthur,2006)

Gnuform'dan Jason Payne ve Heather Roberge, 2003 yılında Ohio Eyalet Üniversitesi'nde Man-o-War adlı benzer, belki de daha zor bir enstalasyonu icat etmişlerdir. EmTech ve Ocean North'tan Michael Hensel, son on beş yılın en yenilikçi gelişmeleri için zengin bir forum sağlayan bir dergi olan AD Magazine'de parametrik sistemler ve morfogenetik tasarım teknikleri üzerine en gelişmiş metinlerden bazılarını üretmiştir; "Mimarlık ve Animasyon ", "Versiyonlama" ve "Morfogenetik Tasarım" AD dergisinde yayınlanan en önemli makaleler arasında yer almıştır.

UN Studio tarafından hayata geçirilen UN Fold projesi, kentsel altyapı ölçeğinde parametrik tasarımın nasıl geliştirilebileceğini göstermiştir. Bunlardan belki de en önemlisi, Foreign Office Architects (FOA) tarafından 2002 yılında tamamlanan Yokohama Uluslararası Havalimanı projesidir. Bu proje, bir dizi mantıksal veya varsayımsal parametre ile birbirine bağlanan karmaşık bir bina biçiminin yönetilebileceğini, inşa edilebileceğini ve büyük ölçekte gerçeğe dönüştürülebileceğini gösterdi. California'daki eğitimciler ve mimarlar bu alanı tutarlı ve yenilikçi bir şekilde sürekli olarak geliştirdiler "SCI-Arc" ve "UCLA" üniversiteleri, yeni dijital teknolojilerin ve inşaatın ilerlemesi için zengin bir ortam sağlamıştır. 2002 yılında David Erdman ve Marcelyn Gow tarafından Kafes Archipelogics aydınlatma projesidir (şekil 5).

- 2005 yılında Marcelo Spina ve Georgina Huljich tarafından Element ve Rooted akış projesi
- 2005 yılında Hernan Diaz Alonso tarafından ilginç bitki resimleri ve yapılarından oluşan bir proje
- 2005 yılında Gnuform tarafından NGTV floral bar projesi (Şekil 5) (Gow, 2002)



Şekil 5. David Erdman ve Marcelyn Gow'un Lattice Archipelogs aydınlatma projesi (lattice-archipelogs, 2002)

Tasarımda bu tür yeniliklerin ortaya çıkmasıyla birlikte, "güzellik" kavramına karşı "uyumsuz bilgisayar tasarımları" kavramı hakkında birçok tartışma başlatmıştır. Bay Area'da, mimarlar Lisa Iwamoto ve Craig Scott, Jelly Fish House projesini (2005) geliştirmişlerdir. (Iwamoto&Scott Architecture with process, 2005-2006). Bu proje, bitki ve hayvan morfolojisini, çevrelerine parametrik olarak tepki veren mozaik yapı modellerinin ve sistemlerinin ayrıntılı bir yapısal düzeninden oluşturulmuştur. Los Angeles'taki Emergent Architecture'dan Tom Wiscombe, tasarımlarını da daha üretilebilir hale getirmeyi umarak, Paris mahkeme tasarımı için desenli yapılar üretmek üzere D'Arcy Thomson'ın yusufluk kanatları konusundaki çalışmalarından yararlanmaya başlanmış (2006) ve SCI-Arc galerisini kurmuştur (2007). Buna ek olarak, Ball Nogues Studio'dan Benjamin Ball ve Gaston Nogues, 2005 yılında parametrik olarak yapılmış 504 kesilmiş mylar kaplı yapraklardan oluşan bir girdaptan muhteşem "Maximilian's Schell"i üretmişlerdir.

Mozaik modelleme sistemleri kısa sürede karmaşık organik formların yapımında temel bir unsur haline gelmiştir. Böylece "dekorasyon ve zarafet" ile ilgili ek estetik teoriler mimari konulara hakim olmaya başlamıştır. PennDesign Üniversitesi'nden Ali Rahim ve FOA'dan şu anda Princeton University School of Architecture ve Harvard Graduate School of Design'da bulunan Alejandro Zaera ve Farshid Mousavi'nin çalışmaları ve metinleri, betik ve bilgisayar programcılığındaki gelişmelerle birlikte çok çeşitli yapısal bağlantıları ve değişken modelleri kolaylaştırmak için kullanmışlardır.

Stephen Wolfram'ın "A New Kind of Science and Mathematica" araştırmasından fikir alan tasarımcılar, gerçekten işlenmiş bir görünüme sahip dekoratif desenler üretmek için kullanılan Voronoi tipi bağlantılar oluşturmak için çeşitli komut dosyaları yaratmışlardır. (Wolfram, 2002)

Faulders Studio ve CCA'dan Tom Faulder, 2007'de M's Airspace Tokyo Studio için yaptığı tasarımda tarihteki bu anı özetlemiştir. Benjamin Aranda ve Chris Lasch, "Tooling" (Benjamin Aranda, 2006) makalesinde bu proje için eşdeğer komut dosyaları geliştirdiğini açıkladılar. Son olarak, inşaat ölçeğinde, Frank Gehry ve Morphosis, son 20 yılda Batı Kıyısı'ndaki inşaat inovasyonunun arkasındaki itici güçler olduklarını kanıtlamışlar. 1989'dan beri CAD/CAM teknolojilerine yatırım yapan Gray, mimarların yalnızca tasarımda değil, aynı zamanda gelişmiş bina sistemlerini ve bunların nasıl inşa edildiğini yönetmede de lider olabileceğini ispat etmiştir. 2002 yılına gelindiğinde Gray & Associates, kendisini bu alandaki ilerlemeleri desteklemeye adanmış bir araştırma ve teknoloji ekibi olan Gray Technologies'i kurmuştur. Guggenheim Bilbao Müzesi (1997) ve Walt Disney Konser Salonu (2000) projeleri, bu tekniklerin ne kadar iyi uygulanabileceğini göstermiştir.

Los Angeles şehir merkezindeki "Caltrans District 7 Headquarters (2004)" projesini rekor bir hızla tamamlayan Tom Min ve Morphosis'teki ekibi, mimarların birlikte çalışan yenilikçi, çevre dostu binalar tasarlamasının mümkün olduğunu kanıtlamıştır. Üreticilerle ve inşaatçılar için çok daha uygun maliyetlidir. Bilgisayar yalnızca tasarım, modelleme ve inşaat için değil, aynı zamanda inşaat yönetimi için de faydalı olduğunu belirtmişlerdir. "Morphosis" tarafından tasarlanan Phare Kulesi, "form" elde etmek için parametrik tasarım tekniklerinin ve inşaat süreçlerinin kullanıldığı "en gelişmiş modern bina" olarak kabul edilebilir (Phillips, 2010).

Bu büyük şirketlerin şubeleri, parametrik tasarıma (kuşkusuz daha küçük ölçekte) önemli katkılarda bulunmuştur. Daha önce Morphosis için çalışan Margaret Griffin ve John Enright, Caltech eğitilmiş bir yapı mühendisi olan Dr. yapı yapıları. 2004'teki Seadrift House projesi için SPARCHS, Carlson ile birlikte eski Gray & Associates'ten Rogan Ferguson ile işbirliği içinde, bir dizi parametrik çatı oluşturmak için çekme entegre kabuk teknolojilerini içeren çok katmanlı CNC çatalı ahşap yapıları araştırdı. Ortam koşullarına uygun paneller, modellemeleri için CATIA yazılımını kullandılar (Phillips, 2010).

FAIA'nın Singapur'daki Marina Bay Sands'teki Moshe Safdie ArtScience Müzesi'nin küresel geometrisi, bir dizi sarmal ve yakınsayan arc dayanıyor. Safdie müdürü Jaron Lubin, Doç. AIA. "Ekip, modeli, farklı tasarım seçeneklerini çok hızlı bir şekilde test etmek için izole edilmiş geometrik parametreleri ayarlayabilecek şekilde oluşturdu." Daha sonra mimarlar, bilgileri Bina Bilgi Modellemesi ile entegre olan parametrik bir program olan

GenerativeComponents'a aktaran küresel tasarım firması Arup'taki yapı mühendisleriyle 3B bilgileri paylaşmak için Rhino'ya geçti (Rybczynsk, 2013).

Parametrik tasarım alanında mimarlık mesleğinin gelişme hızını olağanüstü etkilemiştir. Bu başarının çoğu, öncü şirketler ile UCLA, SCI-Arc, UC Berkeley, Cal Ploy, USC ve CCA'da okuyan öğrencilerin deneysel çalışma için gerekli becerilere sahip olması arasında son on beş yılda oluşan sinerjiye bağlanabilir. Ancak, herkes bilgisayar destekli tasarım ve parametrik sistemlere ilgili olmayabilir. 1965'te BAC'deki aynı konferansta, UC Berkeley'de yardımcı doçent olan Christopher Alexander, mimarların mantıksal işlevleri dikkate almayarak tasarımın doğasını ölümcül bir şekilde çarpıtabilecekleri konusunda uyarmaktadır. Mimari ister basit ister çevresel olsun, tasarım sorunlarını çözmek için bilgisayarlara ihtiyaç duyulacak kadar karmaşık olmadığına inanıyordu ve tasarımın karmaşıklıklarını bilgisayarın sınırlamalarına uyacak şekilde basitleştirmediklerini düşünmüştür. Bu nedenle mimari formları tasarlamada ve karmaşık sorunları çözmede insanlar gibi yenilikçi ve yaratıcı olamayacağını ifade etmiştir.

Patrick Schumacher, "parametrizm" dediği şeyi (tuhaf bir şekilde) yalnızca yararlı bir araç olarak değil, aynı zamanda yepyeni bir mimariye, yeni bir estetiğe olanak sağlamıştır. Parametrik olmak, eksenlerin, düzenin ve simetrinin olmaması anlamına gelir - geçmişin büyük mimarisinin bir kalıntısı olmayandır. 2008 Venedik Mimarlık Bienali için yaptığı tanımlayıcı açıklamada şu tavsiyelerde bulunuyor;

- Tekrardan kaçının.
- Düz çizgilerden kaçının.
- Dik açılardan kaçının.
- Köşelerden kaçının.
- Öğelerin basit tekrarından kaçının.
- Melezleştirin, dönüştürün, yersizleştirin, çarpıtın...
- Tüm formları parametrik olarak düşünün.

Schumacher, parametrizmi giderek daha heterojen hale gelen bir topluma kasıtlı bir yanıt olarak tanımlamıştır. "Görev, yoğun bir şekilde katmanlı ve sürekli olarak farklılaşan karmaşık, çok merkezli kentsel alanlar yaratmaya yönelik bir mimari ve kentsel repertuar geliştirmektir" diye yazmıştır (Rybczynsk, 2013).

Çoğu mimar için, algoritmik ve parametrik matematiksel yöntemler, günümüzde mimarların karşı karşıya olduğu karmaşık kültürel, sosyal, ekonomik ve politik projelere

faydalı bir şekilde dahil olabilmek için çoğu durumda çok kuru ve esnek değildir. Binaların ve şehirlerin parametrik tasarım araçları ve komut dosyası kullanılarak tasarımı genellikle görsel olarak çarpıcı görünebilir, ancak bu tür tasarımların çoğu bölümünde, doğru bir şekilde gerçek dünya koşullarına hassas bir şekilde yanıt veremeyen belirsiz ve net olmayan varsayımlar kullanılır. Bugün, son yıllarda parametrik tasarımla uğraşanların çoğu bir dereceye kadar hemfikirdir. Farklı formlar ve kentsel topolojiler üretebilen spesifik ve sınırlı tekniklerden uzaklaşan tasarımcılar, binaların verimliliğini ve kalitesini etkileyen bir mimari tasarım tarzına odaklanmaya başlamışlardır (Phillips, 2010).

1.7. Bölüm Sonucu

Yakın gelecekte, yeni teknolojilerin ve yeni bilimlerin ortaya çıkmasıyla birlikte mimarlık da yeni kavramlar ile tanımlanacaktır. Mimarının temel ilkelerinden biri olan "biçimin veriyi takip etmesi" konusu tartışılacaktır. Bu çalışmada amaç; form ve girdi değişkenleri arasındaki ilişkiyi çok amaçlı bir fonksiyon şeklinde incelemek ve etkilerini formda görmektir.

Tasarım sürecinde formun doğası ve insan ihtiyaçlarını temel alan fonksiyon kavramı gözden geçirilerek, form ve fonksiyonun çevresel ve mekansal konfora oranı bu iki boyut arasındaki ilişkide mimarlar ve büyük düşünürlerin bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Form, hem iç hem de dış yapıya ve bütüne birlik veren ilkelere bağlıdır. Bir mimari planın aldığı form, binanın performansını kontrol edecektir. Bir mekanın işlevini bilmek, formunu anlamaktan önce gerçekleşir. Öte yandan, formun bu işlevleri sağlamak ve kabul etmek için gerekli potansiyel yeteneklere sahip olması gerekir. Her form işlevi, içerik kavramlarına bağlı olarak da anlam taşır. Modernist yaklaşımda her formun bulduğu işlev ona bir kural ve sözleşme olarak dışarıdan dayatılır. Mimari mekanların tek işlevli olması ve mimari mekan kullanıcılarının talepleri doğrultusunda farklı yetenekler oluşturabilme esnekliğinin olmaması birçok kez sorgulanmıştır. Yeni dönemde konfor ihtiyaçlarının artmasıyla birlikte, ilgili malzeme ve yapılarla uyumu mimari ihtiyaçların karşılanmasında optimizasyon kavramlarının önemini ortaya koyacaktır.

Bu çalışmanın amacı, biçim odaklı bir yöntem oluşturmaktır. Bu süreçte araştırmanın birinci bölümünde form kavramı, tasarımın önemi ve form bulma yöntemindeki sorunlar hakkında kapsamlı ve genel bilgiler ele alınmıştır. Bir sonraki adımda konunun amacı, önemi

ve hedeflere nasıl ulaşılabacağı anlatılmıştır. Başka bir deyişle bu bölümde araştırmanın ana çerçevesi ortaya konulmuştur. Bu bağlamda konunun daha iyi anlaşılması için Trabzonda uygulanmış bir projeden yararlanılmıştır.

Bu çalışmada, birinci bölümde yer alan çok amaçlı eşzamanlı optimizasyon yöntemleri ele alınmıştır. İkinci bölümde ayrıntılı olarak açıklanan bir dizi tasarım alternatifi ve işlemsel stratejiyi incelemek için NSGA-II çok amaçlı genetik algoritma kullanılmıştır. Daha sonra çalışma alanında iklim çalışmaları yapılarak blokların birbirine olan uzaklıklarının kullanılması ve blokların güneş ışınlarından en iyi yararlanacak şekilde yerleştirilmesi yapılmıştır. Bununla birlikte elde edilen cevaplarla yeni parametreler belirlenmiş ve üçüncü bölümde oluşturulan modelleme algoritması ile istenilen formlar elde edilmiştir. Bu çalışmanın en önemli sonuçlarından biri, etkili hesap verebilirlik alanı olmuştur. Ayrıca bu çalışmada kullanılan modelleme algoritması ve python kodu, birçok projeyi desteklemektedir. Mevcut araştırma bilimsel bir süreçte biçim oluşturma ile ön plana çıkmaktadır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Araştırma Yöntem ve Teknikler

"Bir insan manzarayı ne kadar çok okuyabilir ve anlayabilirse, duyuları harekete geçiren şiirsel bir yeniden yorumlama yaratma olasılığı o kadar artar."
Norbert Schultz

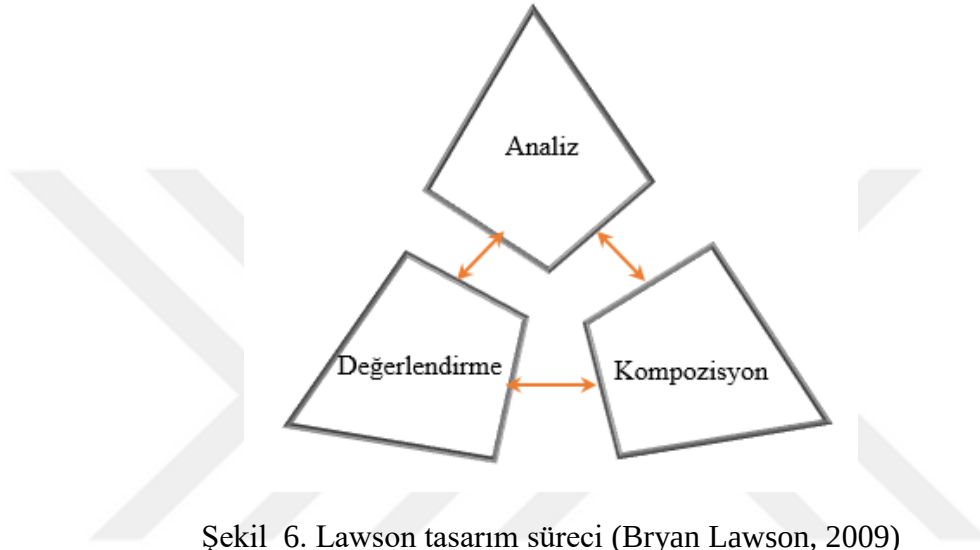
Tasarım süreci, bir faaliyetler hiyerarşisidir; ancak tasarım sürecindeki analiz eylemi, formüle etme etkinliği ile etkileşime giren özel bir öneme sahiptir. Bu konuda tasarımcıların sorunları bulma ve ifade etme, proje başlangıcında anlama ve inceleme becerisine sahip olmaları gerekmektedir. Tüm uzmanlar arasında merkezi tasarım becerisi fikri oldukça önemli olarak görülmektedir. Aslında, problemin sınırlarını yaratıcı bir şekilde fark etmek, tasarımcının en önemli yeteneklerinden biridir (Cross N. , 1993) (Lawson's, 2005) (Andreasen, 2007) (احمد تندى, 1398). Dolayısıyla tasarımcıya bu konuda yardımcı olabilecek güncel bilimsel teknik ve yöntemlerin kullanılması özel bir yere sahiptir.

Çağdaş dönemde tasarım çevrelerinin kaygısının sarkaç benzeri bir hareketle evrilmesi: tasarımı "sanat" olarak anlamaktan çok tasarımı "problem çözme" olarak anlamaya doğru değişim göstermiştir. Yaratıcı bir eylem olarak tasarlamak, genellikle "sanatsal ve sezgisel" anlayışla birleştirilerek ona gizemli ve belirsiz bir görünüm vermektedir. Tasarımcıların genellikle formları oluşturma ve birleştirme aşamasında yaptıkları, çoğunlukla bütüncül ve öznel yapıları nedeniyle, tasarım süreçlerinin doğrusal-rasyonel diyagramları ile pek benzerlik ve uyum göstermez. Büyük mimarların mesleki deneyimleri, tasarımcıların teorisyenlerin çizdiği diyagramlara göre değil, "biçim bulma" aşamasındaki örtük anlayış ve bilgilerine dayanarak karar verdiklerini göstermektedir. Ancak tasarımın yaratıcı doğasını kabul etmek, mutlaka tasarımcının zihninin içinde bir "kara kutu" olarak görülemeyeceği ve sürecin deşifre edilemeyeceği hipotezini kabul etmek anlamına mı gelir sorusunu ortaya koymaktadır.

Tasarım süreci üzerinde çalışan uzmanlar arasında Brian Lawson en önemlilerinden biri olarak kabul edilmektedir. Şimdiye kadar çeşitli uzmanlar tarafından ele alınan tasarım süreci hakkında sunulan birçok diyagram; mantıksal ve öngörülebilir şekilde gerçekleşen açık ve tanımlanabilir faaliyetlerden oluşmaktadır.

Lawson, "tasarım yöntemi" hareketinin sunduğu tasarım süreçlerini eleştirel bir şekilde inceleyerek, tasarımcıların asıl işlerini yapmak için "belirli bir başlangıcı ve sonu olan" net bir süreci izlemedikleri sonucuna varmıştır.

Lawson'a göre tasarım, problem ve çözümün birlikte şekillendiği bir süreçtir. Bu bağlamda Lawson'ın tasarım süreci şeması (Analiz, Kompozisyon ve Değerlendirme) sorun ve çözüm arasındaki etkileşim olarak gösterilmiştir (Şekil 6) (Lawson's, 2005).



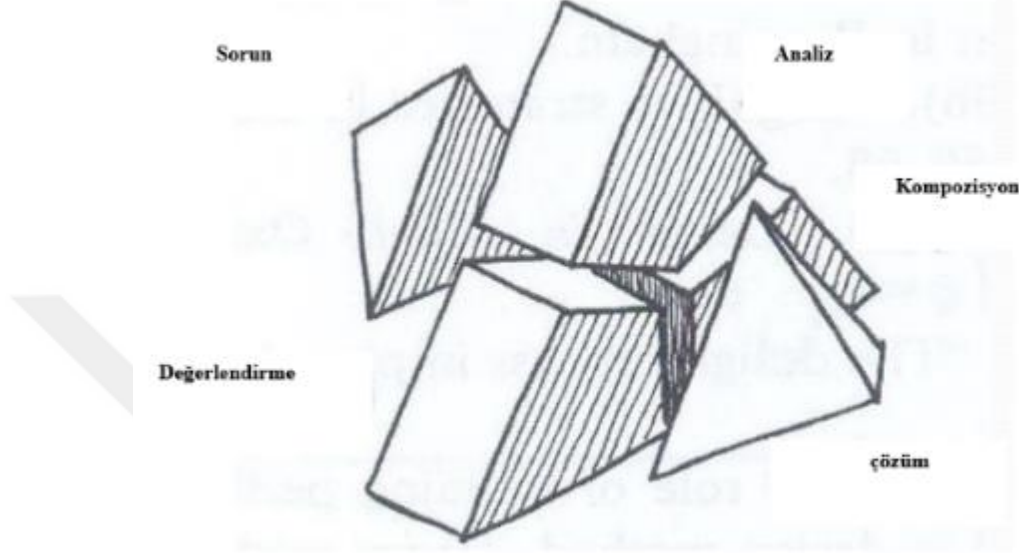
Şekil 6. Lawson tasarım süreci (Bryan Lawson, 2009)

Lawson'ın şemasında, analiz, sentez ve değerlendirme olmak üzere üç faaliyet bulunmasına rağmen, bir faaliyetten diğerine net bir başlangıç ve bitiş noktasının veya belirli bir hareket yönünün olmamasıdır. Lawson, tasarım sürecini "yaratıcı" bir süreç olarak ele alır ve "Neller" (1965) referansı ile, yaratıcı süreç için beş farklı aşamayı şu başlıklar altında belirlemiştir;

1. "İlk kabul" aşamasında sorunun varlığı anlaşılır, çözümüne karar verilir ve söz konusu sorun formüle edilir.
2. "Hazırlık" aşamasında, sorunu çözmek ve geliştirmek için "bilinçli bir çaba" gösterilir.
3. "Gizli" aşamada, tasarımcının zihni bir süre tasarım probleminden uzak durur ve başka konularla ilgilenir. Ancak tasarımcı muhtemelen bu aşamada sessiz ve bilinçsiz bir şekilde soruna çözüm arar.
4. "Aydınlanma" aşamasında tasarımcı aniden çözümünü tasarımcıya sunar.

5. Son aşamada "Olumsuzlama ve ispat" için çözüm; değerlendirilir, test edilir ve geliştirilir.

Bu bağlamda, Lawson'ın tasarım süreci yaratıcı aşamalarını; yoğun çalışma dönemlerini ve zihinsel süreç aşamalarını içerir (Şekil 7).



Şekil 7. Doğrusal olmayan tasarım süreci (Bryan Lawson, 2009)

Tasarım alanında böyle bir diyagram gerçeğe çok yakın olmayabilir . Çünkü tasarım tamamen değişken bir süreçtir. Tasarımcı, çalışmaya ve mevcut durumun değerlendirilmesine dayalı bir süreç oluşturur. Bir projede temel ve birincil karar olarak kabul edilen bir şey, başka bir projede küçük bir sorun olabilir. Dolayısıyla tasarım alanındaki bakış açısı, tasarım sürecinin diyagramının gerçeğe uygun olarak tanımlanmasında önemli bir etkiye sahiptir.

Ancak tasarım projelerinde ortak kabul edilen şey; bir döngü içinde birbirine bağlı olan ve tasarımcının sürekli olarak bu üç alan (Analiz, Kompozisyon, Değerlendirme) arasındaki ilişkiler bütünüdür. Tasarım sürecinin bu üç ana bileşeni teorisyenler tarafından farklı kelimelerle ifade edilmiştir (Tablo 6) (Bryan Lawson, 2009).

Yukarıdaki üç eylemin tümü tasarım sürecinde önemlidir. Bununla birlikte, en temel adım olan analizde meydana gelen problem tam olarak anlaşılmadan, diğer adımlara geçilmesinin mümkün olmadığı açıktır.

Analiz genellikle problem, ihtiyaçlar ve tasarım kriterleri ile ilgilidir. Bu süreç, ilişkileri keşfetmeyi, düzen aramayı ve hedefleri kategorize etmeyi gerektirmektedir.

2.2. Tasarım Sürecinde Farklı Yöntemler

Aşağıdaki Tablo 6.'da;Tasarımcıların tasarım sürecinde kullandıkları farklı yöntemleri göstermektedir.

Tablo 6. Tasarım sürecinde farklı yöntemler

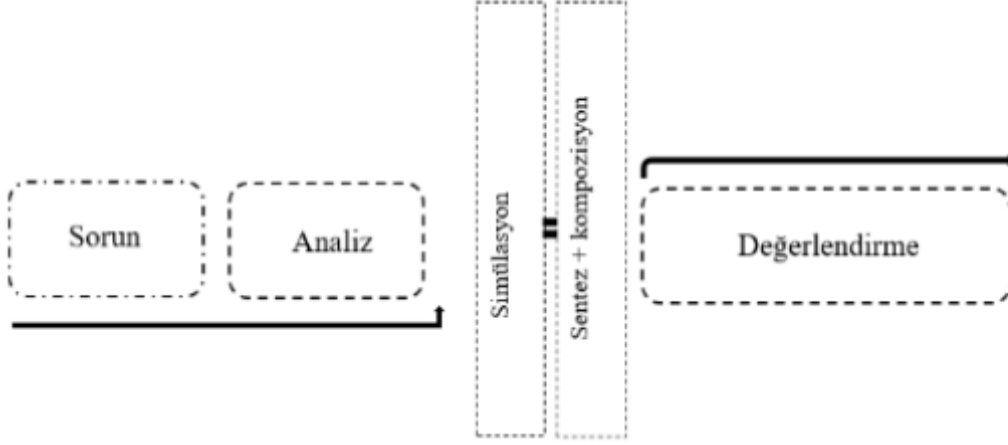
TASARIMCI	TASARIM YÖNTEMİ
Marple	Bir ağaç diyagramı şeklinde 3 analiz, değerlendirme ve karar verme ilkesini içerir.
Jones	Analiz, sentez ve değerlendirmenin 3 aşamasını içerir
Asimo	Problem yeteneklerinin 3 yönünü, ön tasarımı ve detay tasarımını içerir Kraliyet Kurumu
İngiliz Mimarların İşe Alınması,	Gözden geçirilmesi, genişletilmesi ve sunumunun 4 aşamasını içerir
Watts	Analiz, sentez ve değerlendirme konusunda Kidd'e Watts ve soyutlamanın silindirik bir döngüsüne sahiptir.
Alexander	Bir gereksinimler listesi hazırlama, aralarındaki ilişkilerin türünü belirleme
Crik	Bilgisayara bilgi vermeyi ve bilgisayarın dağıtım kümesine göre çalışmayı içerir.
Franch	Problem formülasyonu, problem analizi, araştırma, karar verme ve temsilin 5 aşamasını içerir.problem analizi, kavramsal tasarım, genel tasarım detaylarının görselleştirilmesi ve detaylandırma aşaması olmak üzere 4 aktivite içerir.
Powell ve Betz,	Problem açıklama, kavramsal tasarım, görsel tasarım ve detay tasarımının 4 yönünü içerir.
Jane Darkey	Oluşturma, varsayım ve analiz aşamalarını içerir.
Sir Alan Harris	Problem analizi, anlama, seçeneklerin değerlendirilmesi, karar verme ve değerlendirme ve detayların 5 aşamasını içerir.
Archer	Programlama, bilgi toplama, analiz, analiz, geliştirme ve iletişimin 6 aşamasını içerir.Tasarım probleminin açıklığa kavuşturulması ve tanımlanması, gerekli fonksiyonlara karar
2221vdi	Tasarım probleminin açıklığa kavuşturulması ve tanımlanması, gerekli fonksiyonlara karar verilmesi, çözüm ilkelerinin araştırılması, çözümlerin kategorize edilmesi, anahtar modellerin geliştirilmesi, nihai yerleştirmenin ve nihai dokümantasyonu geliştirmenin 7 aşamasını içerir.

Tablo 6'nın devamı

Nigel Cross	Sorunları netleştirme, işlevleri doğrulama, ihtiyaçları belirleme, teklif oluşturma, seçenekleri değerlendirme, ayrıntıları iyileştirme adımlarını içeren 6 adım içerir.
Hubka	Problem detaylandırma, kavramsal tasarım, konumlandırma ve detaylandırma olmak üzere 4 yönü vardır.
Machet	5'e kadar düşünme şekli ve 7 adımlı önerilen talimatlar; tasarım koşullarının incelenmesi, ihtiyaçların tanınması, temel ihtiyaçların tanınması, ihtiyaçlara cevap veren ilkelerin araştırılması başlangıç, genel tasarım sınırlarının tamamlanması, tasarımın etkinliğinin gözden geçirilmesi, inşaat ve üretimin gözden geçirilmesi
Broadbent	Dört pragmatik, geleneksel, analogik ve sistematik yöntemden form üretimi
Marcus ve Mayer	Analiz, sentez, değerlendirme ve karar verme aşamalarını içerir.
March	Fayda nedenleriyle yeni bir bileşik oluşturmak, karşılaştırmalı nedenlerle performans özelliklerini tahmin etmek ve "karşılaştırma" nedenleriyle kalite üretmek önemlidir.
Lawson	Analiz, sentez ve değerlendirme olmak üzere 3 aşamadan geçerek problemten çözüme geçiş
Geru	Tasarım aşaması, tasarım durumundan başka bir duruma geçişler dizisidir.
Rosenberg ve Eccles	Adımlarda tekrarlama imkanı ile analiz, sentez, simülasyon ve değerlendirme olmak üzere 4 ana adım içerir
Mahmood	Üç bilgi alanı, fikir oluşturma ve sunum
Marksmen	Temsil, üretme, yürütme ve değerlendirme olmak üzere 4 ana eylem var
Dorset	Kendini kaptırması, tasarımın merkezi faaliyeti, ne zaman ve ne yapılması Gerektiği, tasarım konuları, tasarımın entegrasyonu, özümsemesi ve öğrenilmesi

Bu çalışmada Lawson ve diğerlerinin tasarım sürecindeki karar verme yöntemleri incelenerek yaptıkları çalışmaların önemi ve anlamı açık olarak ortaya konmuştur. Bu çalışma yapılan değerlendirmeler neticesinde Lawson'ın tasarım sürecine ve teorisine göre ele alınmıştır. Ancak optimizasyon problemlerinde tasarım sürecinin simüle edilebileceğini belirtmek mümkündür. Böylece analiz aşamasında istenilen parametreler belirlenir ve ön sentez aşamasında modellenir. Bu yöntem problem çözmede karar verme sürecini çok farklı kılacak ve plan üretim sürecindeki mantığı ön plana çıkaracaktır.

Bu nedenle, bu çalışmadaki tasarım süreci genel olarak aşağıdaki şemaya göre kurgulanmıştır(Şekil 8).



Şekil 8. Tasarım sürecinin bu çalışmadaki kurgusu

2.3. Çalışmanın tasarım süreci

Bu çalışmada ortaya konmak istenen tasarım modeli en ideal bina formunu bulmaktır. Bu bağlamda öncelikle kavramlar ve biçimin ortaya çıkışı ile ilgili kütüphane ve alan çalışmaları yapılmıştır.

Elde edilen alan (Armada Cadde Sitesi-Trabzon) verileri doğrultusunda optimizasyon algoritması ile istenilen model simüle edilmiştir. Bu simülasyonun oluşumunda üretken bir modelin olması gerektiğine , istenen değişkenlerin doğru şekilde belirlenmesine ve aralığının doğru olmasını gerektiğine dikkat edilmiştir. Alana ilişkin parametreler belirlenen blokların ve fonksiyonların bilgilerine göre verilmiştir.

Simülasyon için optimizasyon belirlenmiştir ve çok amaçlı optimizasyonda fonksiyonel hedefler dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda maksimum üç amaç fonksiyonun seçilmesi dikkate alınmıştır

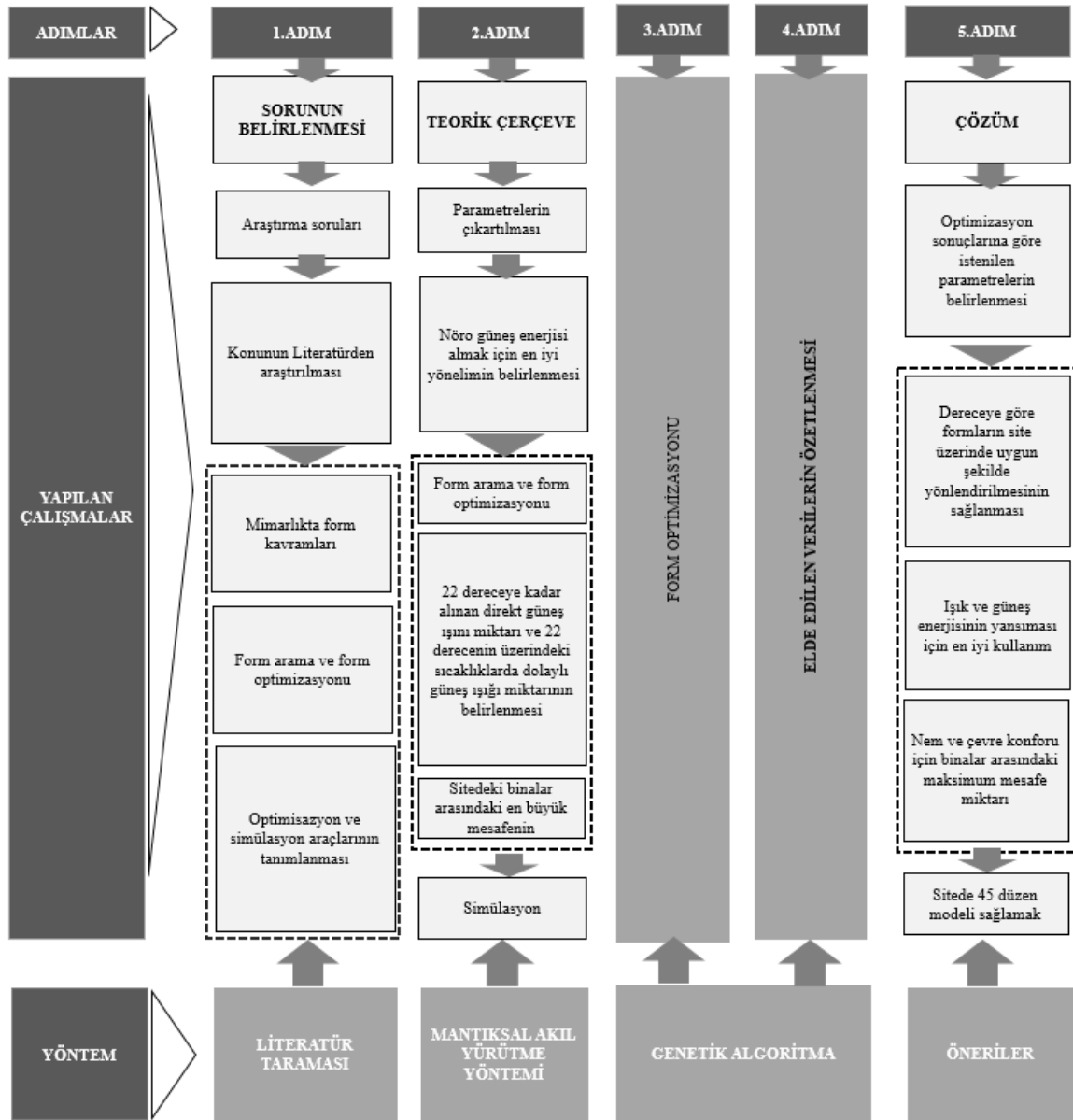
Amaç fonksiyonu: Karar değişkenlerinden ve bu değişkenlerin parametrelerinden oluşan en iyi çözümün (maksimum ya da minimum) oluşmasını sağlayan doğrusal bir fonksiyondur. Bu araştırmadaki amaç fonksiyonları şunları içerir:

- Güneş ışığının yayılmasına ve maksimum güneş enerjisi alınmasına göre en iyi yönlendirme
- 22 derecenin altındaki sıcaklıklarda en fazla doğrudan güneş ışığı, 22 derecenin üzerindeki sıcaklıklarda ise en az doğrudan güneş ışığı miktarı

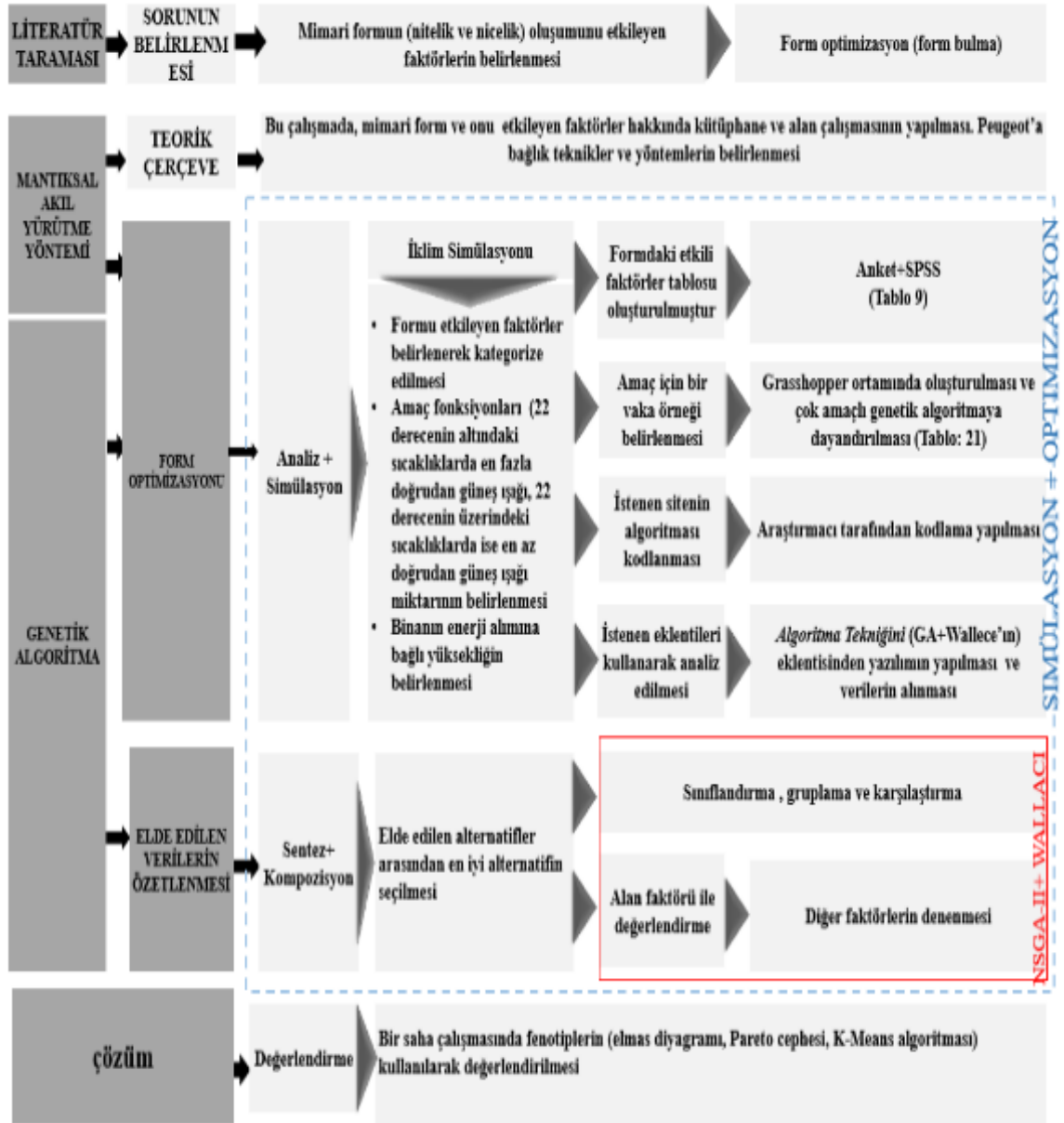
- Yapı blokları arasındaki maksimum mesafe; ve artan hava sirkülasyonu.

Bu çalışmada ele alınan amaç fonksiyonları doğrultusunda algoritmik hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan bu hesaplamaların elde edilmesi ve görüntülenmesi için yeniden algoritmik kod yazılarak sonuca gidilmeye çalışılmıştır. Ayrıca amaç fonksiyonlarından elde edilen sonuçlara göre yapı bloklarının enlem alanları da ortaya konulmuştur. Bu bağlamda çalışma strükürü aşağıdaki gibi 5 adımdan oluşturulmuştur.

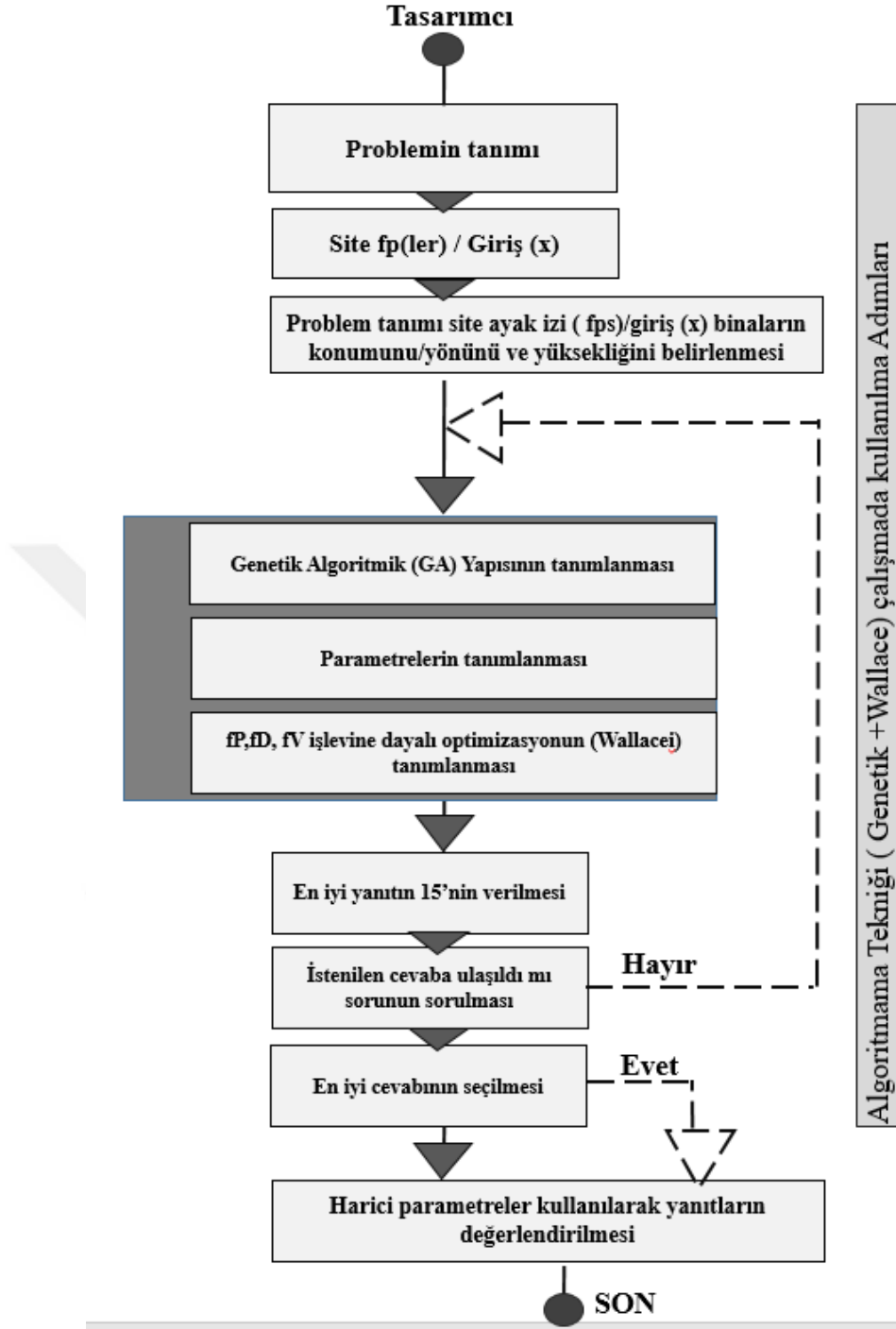
Bu strükture ilişkin açıklamalar Şekil 9'de verilmiştir.



Şekil 9. Araştırma yapısı ve adımları



Şekil 10. Lawson teorisine göre çalışmanın modeli



Şekil 11. Çalışmanın genetik Algoritmik yazılımı

2.4. Çalışmada ele Alınan Kavramların Açıklanması

Bu çalışmada optimizasyon tekniğinin nasıl kullanılacağı, optimizasyonun temel kavramlarını anlamayı gerektirir, bu nedenle istenen adımlar kısaca açıklanacaktır.

2.4.1. Optimizasyon Kavramı

Optimizasyon kelime anlamı olarak iyileştirmek, mükemmele ulaştırmak, maliyetleri düşürmek demektir. Optimizasyon, optimum nokta veya noktalara ulaşmada performansı artırmayı amaçlar. İnsanın mükemmelliğe ulaşma arzusu, optimizasyon teorisini gösterir. İnsan en iyisini görselleştirmek, anlatmak ve başarmak ister (Fasoulaki, 2007) . Ancak en iyiyi yöneten tüm koşulları belirleyip tanımlayamayacağını bildiği için, çoğu durumda en iyi yanıt veya mutlak optimum yerine tatmin edici bir yanıtla yetinir (Li Li/a b, 2012)⁵. Ayrıca, diğerlerinin performansını değerlendirirken, insanlar en iyi standardı dikkate almazlar, onları göreceli bir şekilde değerlendirirler (Goldberg, 1989). Bu nedenle insan, optimizasyon yapmadığı için iyileştirmeye özel bir değer verir (Fasoulaki, 2007).

Çoğu durumda optimizasyon amacıyla yaptığımız şey iyileştirme değildir. Optimizasyon, optimum nokta veya noktalara ulaşmada performansı artırmayı amaçlar. Bu tanımın iki kısmı vardır; 1- İyileştirme arayışı 2- Optimum nokta. İyileştirme süreci ile hedef veya optimal nokta arasında açık bir fark vardır. Yine de, optimizasyon prosedürleri genellikle yakınsamaya odaklanır (optimum noktaya ulaşır mı?) ve prosedürün örtülü performansı genellikle unutulur.

Yakınsamaya yönelik bu önem, optimizasyonun matematikteki kökleri ile ilgilidir, ancak belirtildiği gibi, bu önem pratikte doğal ve makul değildir (Goldberg, 1989). Bu karşılaştırma, değersiz yakınsamayı ve olağan matematiksel doğruluğu göstermeyi amaçlamaz, çünkü bu alanın kendisi optimizasyon yöntemlerini karşılaştırmak için değerli bir temel sağlar.

Optimizasyon algoritmalarının karşılaştırılmasında yakınsama ve performans olmak üzere iki kriter önerilmiştir. Bazı algoritmalar yakınsamaya sahiptir, ancak performansları düşük olabilir, yani iyileştirme süreçleri gerekli verimlilik ve hıza sahip değildir; Diğer bazı algoritmaların aksine yakınsama yapmamaktadır ama performansı yüksektir.

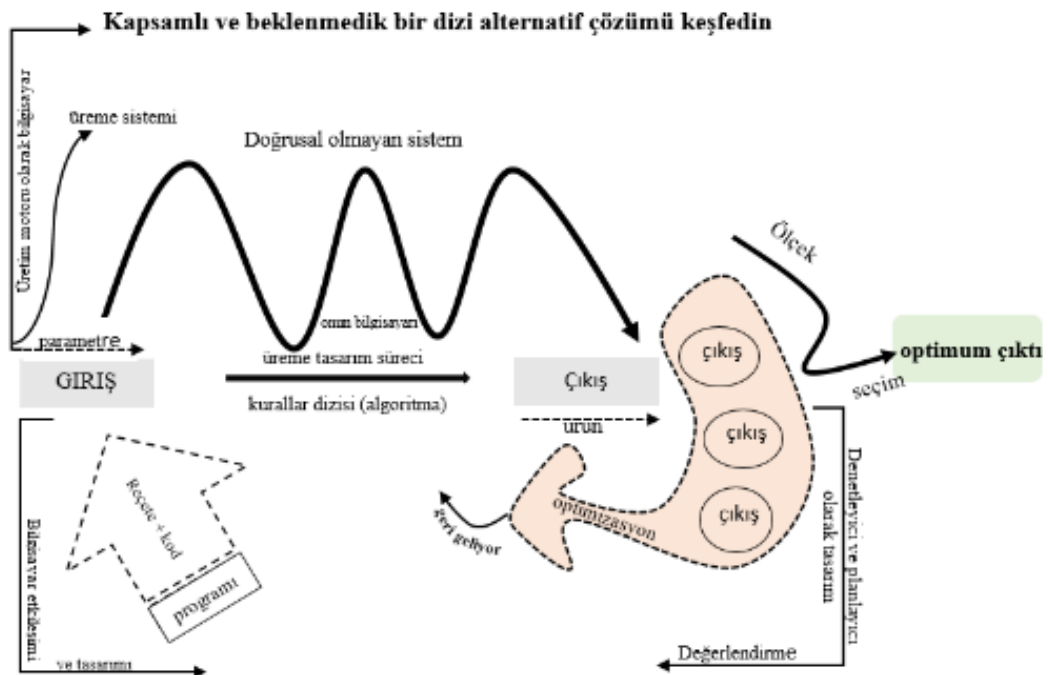
Arama işlemlerinin amacı aşağıdaki üç kategoride açıklanabilir;

- Optimizasyon
- Pratik bir cevap bulmak

- Sözde optimizasyon (Optimizasyona benzer)

Optimal çözümün yakınında bir çözüm bulmakla tatmin olursak, arama hedefine sözde optimizasyon denir. Sözde optimizasyonun iki düzeyi vardır; Amaç, optimal çözümden belirli bir mesafede iyi bir pratik çözüm bulmaksa, buna yakın optimizasyon denir. Elde edilen çözüm için tanımlanan uzaklık koşulu kaldırılır ve amaç yalnızca yüksek olasılıkla optimale yakın çözümü bulmaksa buna yaklaşık optimizasyon denir.

Pratik problemlerin çoğu o kadar zordur ki, bu problemlerde amaç, çözümün kalitesi ile bu çözümü aramanın maliyeti arasında bir denge sağlamak için sözde optimizasyondur. Ayrıca birleşik optimizasyon problemlerinin hesaplama sayısı astronomik rakamlara ulaştığı için optimallik koşulunun kaldırılması ekonomik bir gerekliliktir. Sözde optimizasyonda, hesaplama miktarının uygun limitlerini ve optimalliğe yakınlığı garanti eden ve aralarında bir denge kuran algoritmalar sağlanmalıdır. Bu algoritmalar, kullanıcının bu parametreleri değiştirerek elde edilen cevap ile hesaplama miktarı arasındaki optimum dengeyi kurabilmesi için ayarlanabilir parametrelerle donatılmalıdır (Pierce, 1984; Goldberg, 1989).



Şekil 12. Kapsamlı ve beklenmedik bir dizi alternatif çözümü keşfedin (Fasoulaki, 2007)

araştırma alanının öneminin bir sonucudur. Bu araştırmada çok amaçlı optimizasyon, süreç optimizasyonu içerisinde en aktif ve yaygın olarak kullanılan araştırma alanlarından biri olarak tanımlanmaktadır (Fasoulaki, 2007). Çok amaçlı problemlerin optimizasyonu için uygun araçlardan biri de genetik algoritmalarıdır.

Optimizasyon sürecindeki ilk adım, optimizasyon için uygun bir model oluşturmaktır; Modelleme, problemin "Amaç", "Değişkenleri" ve "Kısıtlamalarını" tanımlama ve matematiksel olarak temsil etme sürecidir;

Amaç; en aza indirilmesi veya en üst düzeye çıkarılması beklenen sistem performansının nicel bir ölçüsüdür. Verilerin bir modele uydurulmasında amaç, gözlenen verilerin tahmin edilen verilerden sapmasını en aza indirmektir.

Değişkenler; veya diğer bir deyişle "Bilinmeyenler", uygun değerlerin bulunması gereken optimizasyon modelinin bileşenleri olarak kabul edilir.

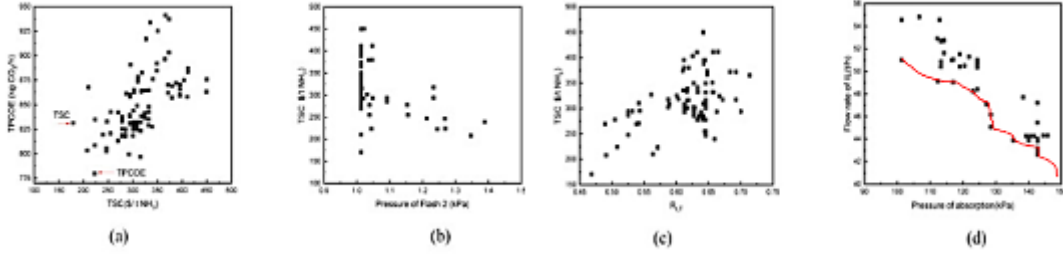
Kısıtlar; değişkenler arasındaki ilişkileri gösteren fonksiyonlardır ve bu şekilde değişkenler için izin verilen değerler belirtilir.

Çok amaçlı optimizasyon; "Çok amaçlı optimizasyon" (Multi-Objective Optimization), "çok kriterli karar verme" (Multi-Criteria Decision Making) alanıdır. Çok amaçlı optimizasyon, birden fazla amaç fonksiyonunun (Objective Function) aynı anda optimize edilmesi gereken "matematiksel optimizasyon problemleri" ile ilgilenir. Ve sistemde optimal kararlara ulaşmak için iki veya daha fazla çelişen hedef arasında bir denge kurulması gerektiğinde kullanılırlar. Kuşkusuz, birçok mühendislik uygulamasında, mühendislik süreçlerinin ve sistemlerinin tasarımcıları, birbiriyle çelişen amaçlara dayalı kararlar alırlar.

Basit bir çok amaçlı optimizasyon problemi için bile, problemde tanımlanan tüm amaç fonksiyonlarını aynı anda optimize eden bir optimal çözüm bulma olasılığı çok düşüktür. Çoğu durumda, çok amaçlı optimizasyon probleminde tanımlanan amaç fonksiyonları birbiriyle çelişir. Böyle bir durumda çok amaçlı bir optimizasyon problemi için "Pareto optimal çözümler" olacağı söylenmektedir.

Pareto optimal çözümler; Çok amaçlı optimizasyon problem çözme sistemlerinde baskın olmayan çözüm diye bir kavram vardır. Çok amaçlı bir optimizasyon problemi için bir aday çözüme "baskın olmayan" çözüm denirse, bu problemin bir veya daha fazla amaç fonksiyonunun ürettiği değerlerin iyileştirilmesi (aday çözümün amaç fonksiyonlarına yerleştirilmesi ve çıktı değerlerinin üretilmesi)) diğer amaç fonksiyonları tarafından üretilen değerlerin kalitesinin düşmesine olur .

Bu tür yanıtlara "Pareto Optimal" denir. Ek bilgi olmadan, tüm Pareto optimal çözümleri eşit derecede iyidir ve birbirine eşit kabul edilir.

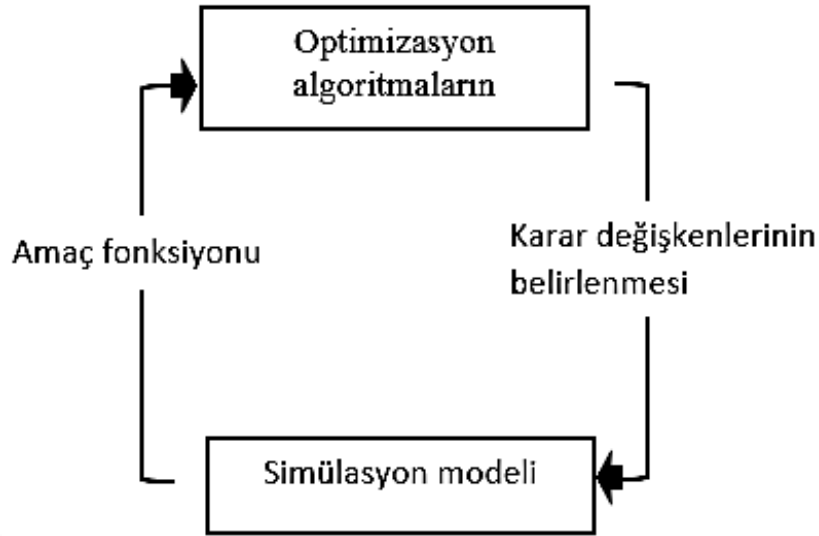


Şekil 13. Çok amaçlı algoritma sürecinde Pareto cephesi kavramı ve kırmızı çizgide görülen optimal çözümlerin/fenotiplerin oluşumu en iyi çözümleri temsil etmektedir. (Deb K. , 2008)

2.4.2. Simülasyon- Optimizasyonu

Simülasyon aslında gerçek bir sistemin davranışını bilgisayar ortamında taklit etmektir. Bu simülasyon modeli, gerçek dünyada gözlemlediği davranışın aynısını gösterebilmektedir. Ayrıca, simülasyon modelinde değişiklikler yapılarak, maliyet ve zaman gibi riskler olmadan sonuçlarını görmek kolaydır. Böylece simülasyon modeli, modelleyiciden girdi alır ve çıktıyı temsil eder. Artık girdi, modelleyici yerine optimize edici algoritması tarafından belirlenirse, simülasyon-optimizasyon yöntemi veya kısaca SO oluşur. Bu işlem genellikle gidiş-dönüş şeklinde yapılır. Bu yöntem simülasyon tabanlı optimizasyon ve simülasyon-optimizasyon algoritması gibi başka isimlerle de anılır.

Simülasyon-optimizasyon yönteminde, sistemin mevcut durumundan simülasyon modeli oluşturulur. Daha sonra amaç fonksiyonu ve karar değişkenleri ve kısıtlamaları tanımlanarak simülasyon modeli bir optimize ediciye bağlanır. Optimize edici, amaç fonksiyonunun en iyi değerine ulaşmak için kısıtlamaları dikkate alarak karar değişkenlerinin değerlerini belirler.



Şekil 14. Simülasyon-optimizasyonu modeli

2.4.3. İklim simülasyonu

Binaların bulunduğu ortamın iklimine uygun olmaması enerji tüketiminde artış da dahil olmak üzere zararlara neden olmuştur. Bu nedenle, yeni binalarda enerji tüketimini ve çevresel konforu azaltmak için tasarım stratejilerine yön vermek gerekmektedir.

Bilimsel tanıma göre iklim, belirli bir coğrafi konumun özelliği olan atmosferin fiziksel durumunun zamansal bileşimidir. Tüm yapıların, özellikle de doğrudan insan tarafından kullanılan yapıların tasarımında ve yapımında iklim koşullarının dikkate alınması iki açıdan önemlidir.

Bir yandan iklime ya da iklim tasarımına uyumlu binalar insan ısı konforu açısından daha kaliteli oluyor. Bu tür yapıların çevre koşulları daha iyi olup, günlük ve mevsimsel değişimler, ışık, ısı ve hava akışı farklı ve keyifli mekanlar oluşturmaktadır. Öte yandan, binanın iklim ile koordinasyonu, bu tür binaların çevre koşullarını kontrol etmek için gereken enerji tüketiminden tasarruf sağlar. Bu yapıda, mekanik iklimlendirme sistemlerine ihtiyaç duymadan, insan konforu ile birlikte yıl boyunca binaların iç koşulları doğal olarak ayarlanabilmektedir.

Simülasyonun ilk aşamasında, amaç fonksiyonunun tanımlanması gerekir. Amaç fonksiyonu şunları içerir; bina alanı, güneş ışığına en iyi yönelim, maksimum yükseklik, rüzgar yönü, en iyi görüş, vb.

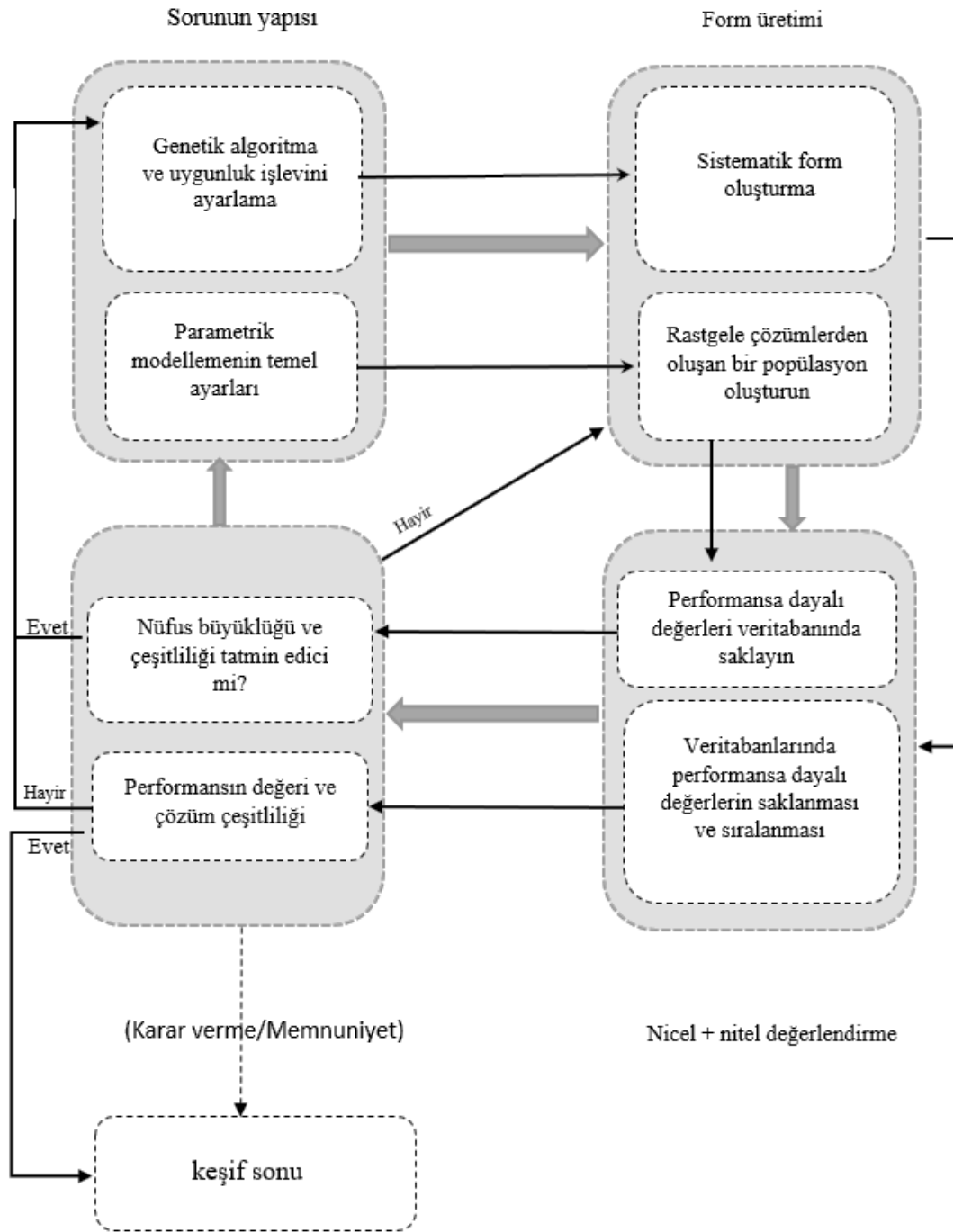
Genel olarak, sayısal değeri elde edilebilen herhangi bir algoritmik fonksiyon bir amaç fonksiyonu olabilir. Bu araştırmada, ikisi iklime bağlı olarak çevresel konfor ile ilgili, diğer amaç fonksiyonu ise binalar arasındaki mümkün olan maksimum mesafe olmak üzere üç amaç fonksiyonu belirlenmiştir. Algoritma bu fonksiyonlara göre ayarlanmıştır.

2.4.4. Genetik Algoritma (GA) Tabanlı Otomatik Tasarım Keşfi

Tasarım keşfi için bir yöntem seçmek, tasarım problemine bağlıdır. Birden çok tasarım hedefi olduğunda ve tasarımcılar bir dizi farklı tasarım çözümü keşfetmeyi amaçladığında, parametrik modelleme ve genetik algoritma (GA) kullanımı uygun olacaktır. Tüm GA tabanlı tasarım keşif yöntemlerinde, parametrik model değişkenleri, kromozomlar üzerindeki genlerle aynıdır. İlk çözüm popülasyonu oluşturulduktan sonra, tasarım keşfi otomatik ve yinelemeli bir süreçle devam eder.

Bir çift ebeveynin değerlendirilmesi ve seçilmesi, rekombinasyon ve mutasyon gibi mekanizmalar yoluyla yeni genomlar üretmek, yeni tasarım alternatiflerinin veritabanında depolanması ve sıralanması (K. Sastry, 2005) .Tasarım çözümleri genellikle matematiksel veya hesaplamalı modeller kullanılarak amaç fonksiyonlarına göre değerlendirilir.Tasarım amaçlarından ve kısıtlamalarından türetilen uygunluk fonksiyonu, en uygun bireyleri seçmek için kullanılır (Freitas, 2002). GA tabanlı bir tasarım keşif süreci, Lawson'ın tasarım sürecine paraleldir. Tasarım keşfinin dört ana aşaması dört aşamaya ayrılabilir; problem formülasyonu, çözüm üretme, değerlendirme ve bazı ileri geri hareketlerle karar verme (bkz. Şekil 15).

Birkaç GA tabanlı tasarım keşif yönteminin gözden geçirilmesi, yalnızca sınırlı sayıda otomatikleştirilmiş yöntemin dört adımı da tam olarak içerdiğini gösterir. Dahası, bunlardan sadece birkaçı çözüm üretme ve değerlendirme aşamalarından problem formüle etmenin başlangıç aşamasına kadar geriye doğru harekete izin vermektedir. Çoğu durumda yineleme, form oluşturma ve değerlendirmenin iki aşaması (iki ve üçüncü aşamalar) arasında gerçekleşir. Tablo 6 , son on yılda geliştirilen birkaç iyi bilinen tasarım buluşsal yöntemindeki bu eksikliği göstermektedir.



Şekil 15. Genetik Algoritma (GA) tabanlı tasarım araştırmasının tipik tasarım süreci (Khodadadi, 2019)

Tasarım keşfinde, görsel görünüm gibi bazı öznel hedefler parametreleştirilemez, ölçülemez veya sayısal olarak değerlendirilemez. Örneğin, bir tasarımcı gün ışığının kalitesini veya çatıdaki şeklini hoş bulabilirken, bir başkası bulamayabilir. Bu nedenle, karar verici için uygun etkileşim fırsatları sağlayan sezgisel bir yöntem için bir avantajdır.

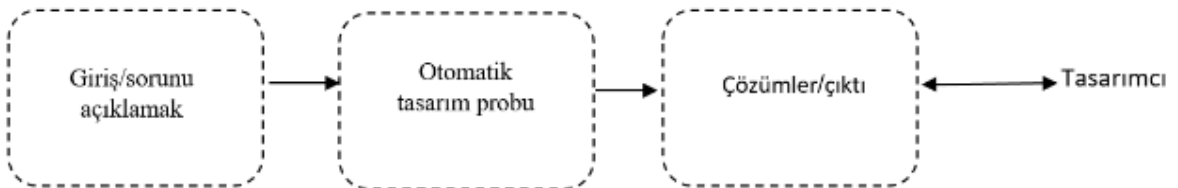
Tasarımcı, kullanıcı veya müşteri birkaç GA tabanlı tasarım keşif yönteminin incelenmesi, hesaplamalı tasarım araştırmacısı ile tasarımcılar arasındaki üç farklı etkileşim modunu gösterir .

1. Önsel mod (Priori Mode); Tasarımcı önce nesnel hedefleri belirtir ve ardından tasarım keşif süreci gerçekleşir. Süreç sonunda arama programı sürecin başında belirlenen uygunluk fonksiyonunu kullanarak en iyi çözümü sağlar. Tasarımcı, çözümlerin olasılıklarını, çeşitliliğini veya kalitesini tahmin edemediğinden, bu mod doğası gereği nitel hedeflerin karar verme sürecine dahil edilmesini sınırlar. Bu tür tasarım keşfi örneklerinde (Lars Junghans N. B., 2016), (Lars Junghans N. D., 2015), arama sürecinin başında girdi parametrelerinin olasılık değerleri incelenebilir. (Şekil 16)



Şekil 16. Pirori moduna bağlı tasarım süreci (Khodadadi, 2019)

2. Sonraki mod (Posterior mode) ; Bu etkileşim modu genellikle olası tüm çözümleri üreten, değerlendiren ve depolayan tasarım keşif yöntemlerinde uygulanmaktadır (Tomás Méndez, 2013) (Wang J. W., 2013) (Saeed Banihashemia, 2018) (Zack Xuereb Conti, 2015) (Newton D. , 2018) (Newton D. , 2018). Bu etkileşim yöntemi tasarımcıya çözümlere genel bir bakış sunsa da, tasarımcının büyük miktarda bilgiyi analiz etmesi ve bunlardan en iyisini seçmesi zor olmuştur. Ayrıca tasarımcı tercih bilgisi vermediği için tasarım keşif sürecini sonlandıracak net bir sınır olmayacaktır. Bu süreç çok uzun sürebilir, pahalı ve karmaşık olabilir. Ek olarak, bu mod birden çok üretilmiş çözüm sağlar ve oluşturulan çözümlerin nitel değerlere dayalı olarak filtrelenmesini sınırlamıştır. (Şekil 17)



Şekil 17. Posterior moduna bağlı tasarım süreci (Khodadadi, 2019)

3. Sürekli etkileşim modu; Bu mod, tasarımcının sürekli ve aşamalı olarak tasarım hedeflerini belirlemesine ve tasarım araştırma sürecinde tasarım problemini ayarlamasına olanak tanımıştır. Tasarımcı, otomatik arama programıyla beş durumda etkileşime girebilir; bunlar arasında tasarım hedeflerini başlatmak, en uygun çözümlerden oluşan bir popülasyon seçmek, Pareto-optimal çözüm(ler) oluşturmak ve mutasyon oranını ve üretim boyutunu belirlemek, yeniden tanımlama yer almaktadır. Her yinelemede problemi tasarlayın ve en iyi nihai çözümü belirlemektedir. Sürekli etkileşim yoluyla tasarımcı, bir problemdeki tasarım parametreleri arasındaki ilişkiyi keşfedebilir, keşif sürecini tasarım bağlamına ve kalite hedeflerine göre sınırlayabilir veya ayarlayabilir ve final için neredeyse gerçekçi bir beklenti elde edebilmiştir.

Çözümler (Continuous Interaction mode) Sürekli etkileşim modu, etkileşim tarzına, bilgiyi tasarımcıya ve teknik unsurlara göre şekillendiren arama programında farklı şekilde uygulanmaktadır. Kullanıcı dostu bir arayüz ve daha fazla değişiklik için esnek bir algoritma sağlayan uygulama, tasarımcının tasarım keşif sürecini kontrol etmesine ve anlamasına olanak tanımaktadır. (D. Yang, 2020) (Şekil 18).



Şekil 18. Continuous Interaction modu tasarım süreci (Khodadadi, 2019)

Keşif amaçlı bir tasarım projesinde, genellikle birbiriyle çelişen tasarım hedefleri vardır. Literatür taraması, çoğu tasarım araştırma yönteminin tasarımcıları Pareto setini kullanarak ödün vermeye zorladığını göstermektedir (bkz. Şekil 13). Bir Pareto kümesi, bir eğri üzerinde yer alan domine edilmemiş çözümler kümesini temsil eder. Bir Pareto cephesi bir dizi uygun çözümü temsil etse de, tasarımcı yine de bir hedefi başka bir hedefi geliştirmek için feda etmeli ve bilinçli bir nihai karar vermelidir. Bazı çalışmalar, örtük arama hedeflerine ulaşmak için ağırlıklandırma, veri madenciliği veya kümeleme ve sınıflandırma

algoritmaları gibi tamamlayıcı arama yöntemlerinin kullanılmasını önermektedir (Deb K. , 2001) (Tomás Méndez, 2013) (Deb K. , 2008).

Ancak, bu tamamlayıcı arama yöntemlerinin doğru bir şekilde uygulanması, tasarımcıların güçlü veri analizi becerilerine sahip olmasını gerektirir. Ek olarak, Pareto kümelerinin kullanımı, ağırlıklandırma yöntemlerinin kullanımı veya kümeleme analizi genellikle çözümlerin çeşitliliğini ve nihai tasarım çözümünün seçiminde nitel tasarım hedeflerinin dahil edilmesini sınırlar. Tablo 7, birkaç GA tabanlı otomatik tasarım buluşsal yönteminde uygulanan karar destek tekniklerini göstermektedir. Pareto kümelerinin incelenmesi, paralel küme analizi, çözüm görüntülerinin incelenmesi, performans değerleri veritabanlarının filtrelenmesi ve sıralanması nicel objektif karar vermeyi desteklese de, tasarımcıların çelişen hedefleri çözme konusundaki yaratıcılığını neredeyse hiç içermemektedir.

Niteliksel ve niceliksel tasarım hedeflerini içeren etkileşim modları ve potansiyelleri ile ilgili olarak son on yılda geliştirilen birkaç iyi bilinen tasarım buluşsal yöntemini karşılaştırır (Tablo 7).

Bir meta-sezgisel tasarım projesinde, genellikle birbiriyle çelişen tasarım hedefleri vardır. Literatür taraması, tasarım araştırma yöntemlerinin çoğunun Pareto seti kullanılarak gerçekleştirildiğini göstermektedir (bkz. Tablo.7). Bir Pareto kümesi, bir eğri üzerinde yer alan domine edilmemiş çözümler kümesini temsil eder. Pareto cephesi bir dizi uygun çözüm gösterse de, tasarımcı hedefleri seçerken bilinçli kararlar vermelidir. Bazı çalışmalar, örtük arama hedeflerine ulaşmak için ağırlıklandırma, veri madenciliği veya kümeleme ve sınıflandırma algoritmaları gibi tamamlayıcı arama yöntemlerinin kullanılmasını önermektedir (Deb K. , 2001) (Deb K. , 2008) (Tomás Méndez, 2013). Ancak, bu tamamlayıcı arama yöntemlerinin doğru bir şekilde uygulanması, tasarımcıların güçlü veri analizi becerilerine sahip olmasını gerektirir. Pareto kümesinin, ağırlıklandırma yöntemlerinin veya kümeleme analizinin doğru kullanımı genellikle tasarımcının çözüm türleri hakkındaki bilgisine ve nihai çözümün seçiminde nitel tasarım hedeflerinin dahil edilmesine bağlıdır. Tablo 7 karar destek tekniklerini göstermektedir. (Khodadadi P. V., 2019)

Tablo 7. GA'ya dayalı otomatik tasarım bulma yöntemlerinin özelliklerinin incelenmesi
(Khodadadi, 2019)

YAZAR	FORM OLUŞTURMA	DEĞERLENDİRME	KARAR VERME	İLERİ GERİ ADIMLAR	TASARI MCI İLE ETKİLEŞİM
	Parametrik araç(lar)	Nicel hedefler			
	Algoritma(lar)	Kalitatif hedefler			
Junghans et al. [32,33]	GA ve benzetilmiş tavlama	Enerji kullanımı Yapay aydınlatma	Sağlamlık değerlendirmesi, ortalama değer ve öneri sıklığı	1. ve 3. adımlar arasında	Önsel Modu
Banihashemi[35]	BİM Galapagos [46]	İnşaat atık hacmi	Veritabanını filtreleme ve sıralama Dağılım grafikleri	2. ve 3. adımlar arasında	Önsel Modu
Wright et al.[34]	NSGA-II	Enerji kullanımı Yapım maliyeti	Veritabanını sıralama ve sıralama Pareto cepheleri Grafik analiz Duyarlılık analizi		Sonraki Durum
Conti[36]	NSGA-II ve SPEA-2	Enerji kullanımı	Veritabanını sıralama ve sıralama Pareto cephesi Görsel inceleme		
Lin et al. [38]	Revit ve Autodesk [47] GBS H.D.S. Beagle Enerji için özelleştirilmiş bir GA değerlendirme performansı	Enerji performansı	Veritabanını sıralama ve sıralama Özelleştirilmiş bir Pareto analizi MATLAB kodu Görsel inceleme		
Mendez[26]	Rhino ve bir CAD kitaplığı NURBS modelleme NSGA-II	Yapısal performans Akustik Enerji kullanımı ve aydınlatma	Veritabanını sıralama ve sıralama Pareto cepheleri Görsel inceleme		
Newton[37]	Grasshopper plug_in [48] DPA-NSGA-II	Gün ışığı seviyesi Güneş ısısı kazancı imalat maliyeti	Pareto cepheleri Görsel inceleme		
Mueller et al. [44]	structureFIT NSGA-II Design Spacede Keşif (DSE) [49]	Yapısal performans inşa edilebilirlik	Filtering and sorting the database Visual inspection	1.,2. Ve 3. adımlar arasında	Sürekli etkileşim modu
Brown &Mueller[45]	Rhino and Grasshopper [50] NSGA-II	Yapısal performans Somut enerji Operasyonel enerji kullanımı	Veritabanını filtreleme ve sıralama Dağılım grafikleri Pareto cephesi		
Von Buelow et.al [13, 39, 40, 41, 42, 43]	Üretken Bileşen [51] veya Rhino and Grasshopper ParaGen'de NDDP GA	Yapısal performans inşa edilebilirlik Günüşiği görsel tercih	Filtreleme, sıralama ve sıralama SQL kullanarak veritabanında arama yapın Paralel kümelerin analizi Pareto cepheleri Görsel inceleme		
Turrin [4, 52]	Üretken Bileşen ParaGen'de NDDP GA	Yapısal performans Güneş ısısı kazancı görsel tercih			
hodadadi [53, 54, 55, 56]	Formiyen [57] ParaGen'de NDDP GA	Yapısal performans inşa edilebilirlik görsel tercih			
Emami [58, 59]	Grasshopper plug_in ParaGen'de NDDP GA	Yapısal performans Enerji kullanımı ve gün ışığı			

2.4.5. Çok Amaçlı Optimizasyon Problemlerin Çözümü

Matematiksel açıdan çok amaçlı problem şu şekilde tanımlanır; x 'in S kümesinden $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ karar değişkenlerinin sonraki n vektörü olduğu $f(x)$ vektörünü en aza indirin veya en üst düzeye çıkarın veya başka bir deyişle;

$$\begin{aligned} &\text{Minimize} && f(x)=(f_1(x), \dots, f_m(x)) \\ &\text{Subject to} && g_i(x) \leq 0, i=1, 2, \dots, q \quad x \in S \end{aligned}$$

Bu nedenle, çok amaçlı problem, amaç fonksiyonlarının doğrusal veya doğrusal olmayan olabildiği n değişken, q koşul ve m hedef içerir. Çok amaçlı problemdeki değerlendirme fonksiyonu F , karar değişkenindeki kümeyi gösterir; yani ağırlıklandırma yöntemlerinde çok amaçlı problemi çözmeden önce tek amaçlı bir problem haline gelir. Başka bir deyişle, bu yöntemde, bu soruna etkili cevaplar bulmak için birkaç kriter vardır;

$$\text{Max } f(x)=[f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)]$$

Bu tek kriterli problemin optimal çözümünü bulmak gereklidir;

$$\text{Max } f(x)=\sum_{k=1}^m w_k f_k(x)$$

burada $f_m(x)$ amaç fonksiyonudur, $f(x)$ problemin amaç fonksiyonlarının birleştirilmesiyle oluşturulan nihai amaç fonksiyonudur ve amaç bunu optimize etmektir ve w_k amaç fonksiyonlarının ağırlıklarıdır.

Etkili cevap, çok amaçlı problemlerde temel kavramlardan biridir. Eğer f_1, f_2 ve ... f_k bir problemdeki amaç fonksiyonları ise, o zaman bu iki koşul tüm $i=1, 2, \dots, k$ için sağlanıyorsa x etkin veya baskın olmayan bir çözümdür.

Yanıt x_i , tüm hedeflerde x_j 'den daha kötü olmamalıdır; bu demek

$$f_k(x_i) \leq f_k(x_j) \text{ hepsi için } k \in \{1, 2, \dots, m\}$$

Cevap x_i , en az bir hedeflerde x_j 'den daha iyidir; bu demek

$$f_k(x_i) > f_k(x_j) \text{ en azından } k \in \{1, 2, \dots, m\}$$

$S \subset \mathbb{R}^n$ arama uzayında, $F \subset \mathbb{R}^m$ amaç fonksiyonlarının uzayı ve $f: S \rightarrow F = \{f(x; x \in S)\}$ amaç fonksiyonu uzayında, $x \in S$ vektörü, eğer böyle bir $y \in F$ yoksa, S ve F 'de etkili bir çözümdür. $1, \dots, m$ için $f_k(y) \leq f_k(x)$ ve en az bir k için $f_k(y) < f_k(x)$. Aslında bir çözüm noktası, arama uzayında tüm amaç fonksiyonlarında o noktadan daha iyi olan başka bir nokta yoksa etkilidir. Etkin çözüm kavramı, kavramın tek bir nokta yerine bir dizi noktaya genişletilmesi durumunda etkin çözüm cephesinin tanımlanmasına yol açar. Başka bir deyişle, etkili tepki cephesi, hiçbirisi birbirinin üstesinden gelmeyen bir dizi tepki noktasıdır. (Sumathi ve

diğerleri, 2008) ve bir dizi cevap arasında, diğer cephelerin üyeleri tarafından aşılmayan cephe, yaklaşık Pareto cephesidir.

2.4.6. Baskın Olmayan Sıralama Genetik Algoritması (NSGA-II) ile Parametrik Çalışma ve çok Amaçlı Optimizasyon

NSGA-II, güçlü bir arama yöntemidir. Darwin'in teorisinden ilham alan doğal seçim tarafından motive edilir. Bu nedenle, temel fikir, çok amaçlı bir optimizasyon problemini çözmek için bir aday çözüm popülasyonunun en iyi çözüme doğru evrilmesidir. NSGA-II, geniş bir arama alanı oluşturan kapsamlı bir aday çözümler listesine uygulanmak üzere tasarlanmıştır.

NSGA-II'nin çalışma yöntemi ve genel algoritması aşağıdaki açıklamaya göre gerçekleştirilmektedir;

- İlk popülasyonu oluşturma
- Uygunluk kriterlerinin hesaplanması
- Nüfusu üstesinden gelme koşullarına göre sıralama
- Tıkanıklık mesafesinin hesaplanması
- Seçim; Birincil nüfus, aşılma koşullarına göre düzenlenir düzenlenmez, kalabalıklaşma mesafesi hesaplanacak ve birincil nüfus arasından seçime başlanacaktır.
- Bu seçim iki öğeye dayanmaktadır;
 - Nüfus Sıralaması; Popülasyonlar alt sıralarda seçilir.
 - Mesafe hesaplama; p ve q'nun aynı sırada iki üye olduğu varsayılarak, daha büyük tıkanıklık mesafesine sahip üye seçilir. Seçim önceliğinin önce sıralamaya ve ardından sıkışıklık mesafesine dayalı olduğu belirtilmelidir.
- Yeni çocuklar üretmek.
- Kesişme ve mutasyon
- İlk popülasyon ile çaprazlama ve mutasyondan elde edilen popülasyonun birleştirilmesi.
- Ana popülasyonu, önceki adımlarda birleştirilen popülasyonun en iyi üyeleriyle değiştirmek. İlk aşamada, alt sıralardaki üyeler önceki ebeveynlerin yerini alır ve ardından kalabalık mesafesine göre sıralanır. Birincil popülasyon ile çaprazlama

ve mutasyon sonucu oluşan popülasyon öncelikle sıralarına göre sınıflandırılır ve daha düşük sıralamaya sahip olanlar elenir. Bir sonraki adımda, kalan nüfus tıkanıklık mesafesine göre sıralanır. Burada sıralama bir cephe içinde yapılır.

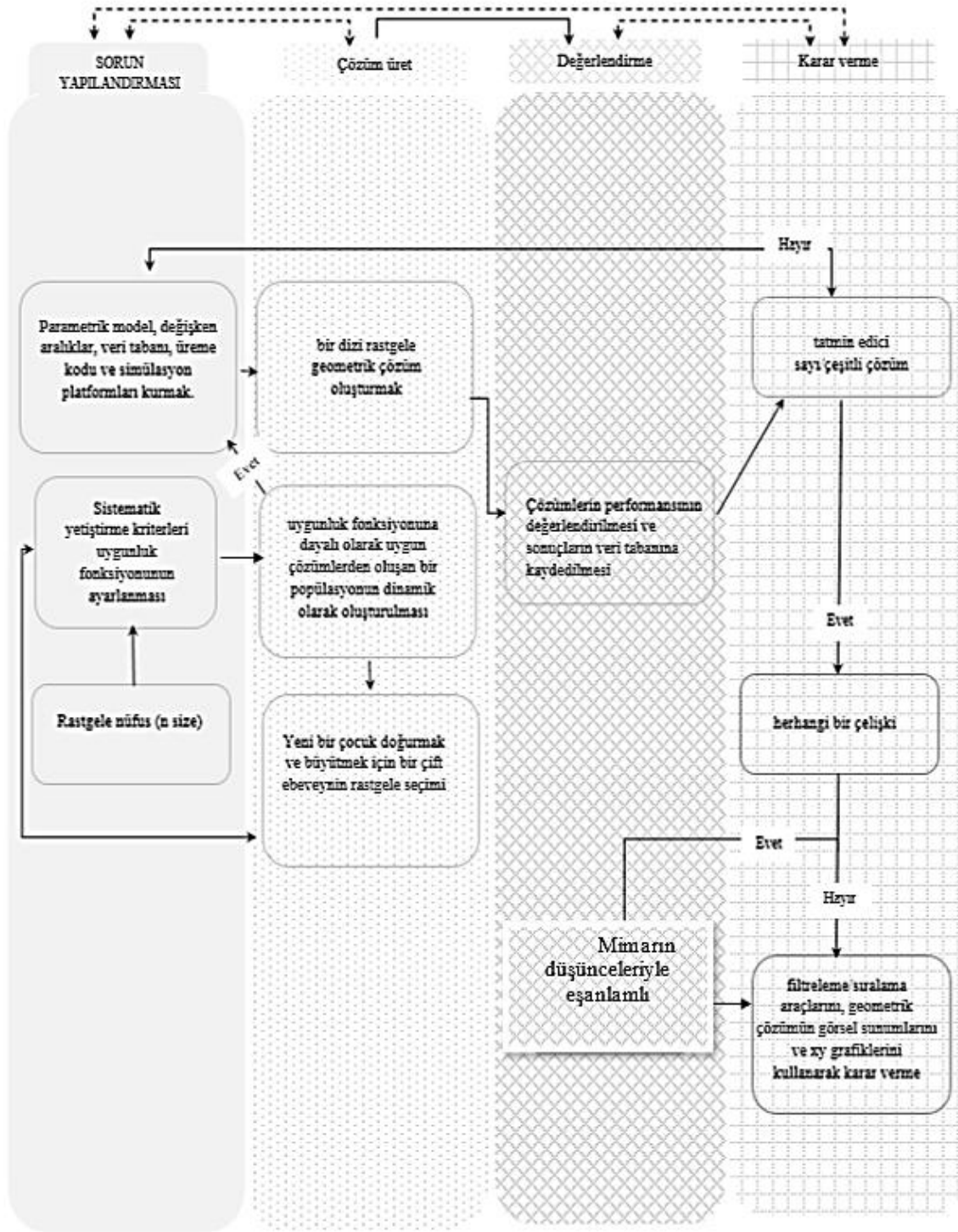
- İstenen üretim (veya optimal koşullar) elde edilene kadar tüm adımlar tekrarlanır (Coello Coello, 2007)

Pareto NSGA-II'nin ana fikri, baskın olmayan çözümler veya Pareto kümeleri olarak adlandırılan bir dizi optimal çözüme karşılık gelen Pareto cephesini hesaplamaktır. Hükmetmeden, hiçbirini küçük düşürmeden tüm hedefler arasında uygun bir uzlaşma sağlayan bir çözümdür. Aslında, Pareto baskınlığı kavramı, biri baskın olana kadar her x çözümünü popülasyondaki diğer tüm çözümlerle karşılaştırmayı içerir. Hiçbir çözüm ona hakim değilse, x çözümü baskın olmayan olarak kabul edilir ve NSGA-II tarafından Pareto cephesinin kümelerinden biri olarak seçilir.

Maksimize etmek için bir dizi hedef f_i , $i \in 1, \dots, n$ düşünürsek, eğer $\forall i, f_i(x') \leq f_i(x)$ ve $\exists j | f_j(x') < f_j(x)$.

NSGA-II'deki ilk adım, belirli bir temsil kullanılarak kodlanmış bireylerden oluşan bir başlangıç popülasyonunu (P_0) rastgele oluşturmaktır. Daha sonra, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörler kullanılarak ana popülasyon P_0 'dan bir çocuk popülasyon Q_0 üretilir. Her iki popülasyon birleşir ve bir sonraki nesli yaratmak için baskınlık ilkesine göre bireylerin bir alt kümesi seçilir. Durdurma kriterlerine göre son iterasyona ulaşılan kadar bu işlem tekrarlanır. Uygulanabilmesi için NSGA-II, uygulamasında göz önünde bulundurulacak unsurları belirtmelidir; (1) bir popülasyon oluşturmak için kullanılan bireylerin bir temsili, (2) aday çözümleri değerlendirmek için her bir amaca göre bir uygunluk fonksiyonu. ve (3) kişinin temsiline göre tasarlanması gereken çaprazlama ve mutasyon operatörleri. Ayrıca, yeni nesil bireyleri oluşturmak için en iyi bireyleri seçme yöntemi uygulanmalıdır. NSGA-II'nin sonucu, tüm nesillerde (generation) üretilen en iyi bireylerdir (en yüksek uygunluk puanına sahip) (Mansour, 2020). Aşağıdaki bölümlerde, tüm bu kavramları aramaya dayalı dönüşüm yaklaşımımıza rehberlik edecek şekilde nasıl uyarladığımızı gösteriyoruz.

Genetik algoritmanın çok amaçlı modlarından biri olan II-NSGA'nın çalışma yöntemi ve genel algoritması şu şekildedir; (Şekil 19)



Şekil 19. GA + TRIZ form keşif yönteminin süreci (Khodadadi, 2019)

2.4.7. NSGA –II Algoritmasını Seçme Nedenleri

Bu algoritma, önceki algoritmaların bazı problemlerini çözmüştür. Bu algoritmanın diğer algoritmalarından bazı farkları şunlardır;

Sıralama ve Kompozisyonda diğer yöntemlere göre daha hızlı çözüme sahiptir, önceki algoritmaların hesaplanması içinde kayboldu. M'nin amaç fonksiyonlarının sayısı ve N'nin popülasyonun büyüklüğü olduğu varsayıldığında, önceki algoritmalarındaki hesaplama karmaşıklığı (MN³)O iken bu yöntemde bu miktar (MN²)O'dur (Alam, 2008) Diğer algoritmalarla göre daha düzgün bir cevap cephesi elde etmek için kalabalık mesafeyi kullanır ve cevapların etrafındaki noktaların yoğunluğunu tahmin eder. Kalabalıktan uzak olduğu söylenmelidir. Karmaşıklık açısından cevapların daha iyi seçilmesi için kullanılan bir faktördür.

Tek cephede kullanılır ve aşağıdaki şekilde tanımlanır;

Bir cephenin başlangıç ve bitiş noktaları için değeri sonsuz kabul edilir. Cephenin diğer noktaları için 2'den 1-k'ye aşağıdaki ilişki tanımlanır.

$$CD[i] = (f_m^{i+1} - f_m^{i-1}) / (f_m^{\max} - f_m^{\min})$$

burada CD [i], öndeki i. kişiden uzaklık F, öndeki i. kişideki m amaç fonksiyon u değeri F ve f_m^i sırasıyla, en küçük değer ve en büyük değer amaç fonksiyonu m ön $F, f_m^{\max}, f_m^{\min}$. Daha iyi bir cevap, daha büyük bir kalabalık mesafesine sahip olmaktır (Alam, 2008).

2.5. Bölüm Sonu Değerlendirmesi

Bu çalışma, parametrik tekniklerin mimari tasarımda etkili bir araç olarak kullanımını tartışmaktadır. Parametrik araçlar algoritma tabanlıdır ve bu nedenle tasarım geometrisi üzerinde daha fazla hesaplama kontrolü sunmaktadır. Formun parametrik kontrolü, performansa dayalı tasarımda özellikle önemlidir ve performans analizinin tasarım karışımına entegrasyonuna izin vermektedir.

İşletme sırasında değişen kriterlere ve tasarım gereksinimlerine uyum sağlama ve bunlara yanıt verme yeteneği, dinamik ve verimli bir sistem düzenlemesi gerektirir. Parametrik sistemlerin potansiyelleri ve sınırlamaları hakkında eleştirel bir farkındalığın, tasarım sırasında etkili kullanımları için çok önemli olduğuna dikkat etmek önemlidir.

Bu çalışma, genetik algoritma ve sezgisel problem çözme teorisine dayanan Wallacei eklentisi kullanılarak geliştirilen yeni bir NSGA-II tasarım keşif süreci yöntemini tanıtmaktadır. NSGA-II+ WALLACEI yöntemi, tasarımcının çok amaçlı bir ortamda beklenmedik çözümleri keşfetmesine, niteliksel ve performansa dayalı tasarım hedeflerini birleştirmesine, arama motoruyla sürekli etkileşimde bulunmasına ve karşılıklı ilişkileri daha iyi anlayarak, performans uyumluluğunu değerlendirmesine olanak tanımaktadır. Çakışan tasarım hedefleri olduğunda gizli arama hedeflerini ortaya çıkararak yenilikçi kararlar alır

Tamamen manuel bir yöntemden veya tek yaklaşımlı bir üretim yönteminden farklı olarak, NSGA-II+WALLACEI yönteminin özellikleri, tasarım sürecinin dört ana aşaması arasında geçişe izin vermektedir ve sorunun adımlarını (yeniden oluşturma) ve karar vermeyi kolaylaştırmaktadır. Bu özellikler, daha uygun tasarım alternatifleri üreterek, tasarım döngülerini kısaltarak ve farkındalık yaratarak tasarım sürecini geliştirmektedir.

3. BULGULAR

Bir olayı anlamamanın ilk adımı, onu oluşturan unsurları ve onu etkileyen faktörleri bilmektir. Bu araştırmada mimari formun ne olduğu sorusu aslında mimari formu oluşturan ya da ortaya çıkışında rol oynayan unsur ve etkenlerle ilgili olup, mimarinin tüm boyutlarıyla özgün bir tanımının olması bizi daha iyi sonuçlara götürmektedir. Bu sorunun cevabını bulmak için “Mimari form oluştururken nelere dikkat etmeliyiz?” sorusunu sormak gerekir.

Bir diğer konu da mimarlığın amacının ne olması gerektiğidir. Bu nedenle ideallerden yola çıkılarak, insanların maddi ve manevi ihtiyaçlarına uygun olarak, optimum ve amaçları doğrultusunda oluşturulmuş (نقرهکار, 1390) ve belirli bir işlevi içinde barındıran ve kullanıcıların taleplerine cevap veren bir görünüm oluşturmaktadır (سلطانزاده, 1396).

Dolayısıyla bir yapının istenilen biçimi işleviyle doğrudan ilişkilidir (بيکر, 1386). Mimarlık; bilim, sanat ve özel becerilerin birleşimidir. (ادوارد وایت, 1379). Sonuç ürün, mimarın ait olduğu fikir ve değerleri ifade eder. Ayrıca mimari oluşumun “zemininde” onu dışarıdan etkileyen faktörler vardır. Bu faktörler mimarın isteklerinden etkilenirken diğer yandan da insanların yaşadığı koşullardan da etkilenir. Diğer bir belirleyici faktörler ise; malzeme, teknik ve kullanma bilimine bilimine kadar olan ekipman ve tesislerdir. (مقدم, 1386).

Mimari form, her zaman çevre ve zaman ve mekanın özellikleri ile iki yönlü bir etkileşim içinde oluşur ve değişir (بيکر, 1382). Bu nedenle mimari formun daha iyi anlaşılabilmesi için dört neden ile birlikte temellerinin de bilinmesi gerekir. Mimari formu etkileyen malzeme faktörü olarak mekansal alt katman; doğal, beşeri ve fiziksel olmak üzere üç alt katmanı içerir. Başka bir deyişle, bir mimari formu doğru bir şekilde anlamak için;

1. Mimarlık ve insan ilişkisi (toplum, kültür ve sanat, yaşam örf ve adetleri vb.;
2. Mimarlık ve doğa ilişkisi (İklim vb.;
3. Mimarlık ve fiziksel ilişkisi (tek bir yapının çevre doku ile etkileşimi, fiziksel ihtiyaçlara cevap vermesi vb.)

Ayrıca mimarların insan, doğal ve fiziksel olmak üzere üç konunun etkileşimine nasıl tepki verdiği bütüncül ve sistematik bir bakış açısıyla incelenmelidir.

Form oluşturma faktörleri ve bileşenleri arasındaki ilişkiyle ilgili kaynakların sınırlılığı ve eksikliği, araştırmaya ilişkin bu ilişkinin biçimini ve kapsamını ortaya çıkarmak için bir

anket kullanarak bu alandaki uzmanların görüşlerini toplamaya yöneltmiştir. Bu araştırmanın istatistiksel evreni, en az 15 yıllık iş tecrübesine sahip 75 profesyonel mimar mühendisten oluşan bir gruptur. Farklı bileşenlerin ve faktörlerin çokluğu, makalenin yazarlarını anketi tasarlamadan önce ilgili maddeleri birleştirmeye ve bunları azaltmaya sevk etti.

Tablo 8. Anket ile ilgili sorular

ANKET İLE İLGİLİ SORULAR	
1.	Mimari formun estetiğinde etkili olan faktörler
2.	Formu şekillendiren en önemli faktörler
3.	Bir mekanın kompozisyonunda belirleyici faktör
4.	İlk formun tasarımında hiper-estetik reaksiyon ve etkili parametre
5.	Form tasarımında yer alan süreçler, değişim için stres ve gerilim (dinamikler)
6.	Bir formun nitel ve nicel değeri
7.	Form tasarımının sezgisel ve ölçülemeyen yönleri
8.	Mimarlıkta teknoloji ve formun gelişimi
9.	Form bulmada yaklaşımı değiştirmek
10.	Mimari formu çevre ile eşleştirme yöntemleri
11.	Form ve çevresel konfor arasındaki ilişki
12.	Mimari formlar nasıl etkileşime girer
13.	Dijital tekniklerin ve teknolojinin genişletilmesi
14.	Mimari formda artan üretkenlik ile teknoloji arasındaki ilişki
15.	Başlangıç şekli kararında ekonomik maliyet

Formu etkileyen bileşenlerin ve faktörlerin sınıflandırılmasına göre anket soruları estetik ilkeleri, teknoloji, bağlam ve bağımsız faktörler olmak üzere dört farklı kategoride

Sayısal olmayan ölçek	Estetik	Sayısal olmayan ölçek	teknoloji	sayısal ölçek	İklim	sayısal ölçek	Şartlar ve kısıtlamalar	Sayısal olmayan ölçek	Arka	Sayısal olmayan ölçek	Kültürel ve sosyal	Sayısal olmayan ölçek	İşlev	Sayısal olmayan ölçek	paradigma
Birlik Simetri Çeşitlilik Süreklilik Denge İstenilen Renk Oran Disiplin Ağırlık Ölçeğin Doğruluğu	Yapı Malzemeler Yapay Zeka	Sıcaklıklar Arazinin Eğimi Rüzgar Yönü Yağış Miktarı Güneş Işığı	Doluluk Oranı Dış Yüzey Geçiş Genişliği Binalar Arasındaki Mesafeler Kat Sayısı İnsan Ölçeği Kütle Ve Uzay Düzenlemesi Ufuk Çizgisi Bir Sıra Bina Aristokrasi Duvarların Sürekliliği Aydınlatma Ve Gölgeleme Miktarı Dikey Ve Yatay Ayrıntı Düzeyi Mekansal Sınırlama	Yerel Formlar İdeolojik Ve Kültürel Kökler Tarihi Çevre	Normlar Semboller Değerler Roller Yapılar	Hesap Tipi	Mimari Tarz								

<

Tablo 10. Cronbach alfa katsayısı

Reliability Statistics		
N of Items	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	Cronbach's Alpha
55	0.874	0.873

3.1. Çalışmada Yapılan Bina Simülasyonu Bulguları

3.1.1. Alan Çalışmasının Tanıtılması ve İklimsel Verilerinin Verilmesi (Trabzon-Türkiye)

Süpervizörün görüşü ve yapımcı firmanın öngörüsü ile başarıyla uygulanan bir site seçilmiştir. Bu çalışma bu alanda uygulanan proje ile nelerin dikkate alınması gerektiği arasındaki karşılaştırma, yeniden form bulma kavramlarının önemini ortaya çıkarmaya hedeflenmiştir. Simülasyon için yapılan proje; Armada Cadde sitesi-Trabzon-Türkiye. İstenen proje 21000 M² alana sahip beş blok (11-14 kat) ve iki parsel olarak oluşturulmuştur.(Şekil 23-24, Tablo 11)



Şekil 20. Armada cadde sitesi

Tablo 11. Yükseklik ve alan bilgisi

	Yükseklik	Alan	Ana ön
BLOK A	+27.90 -+40.20	8857M2	Kuzey-Güney
BLOK B	+34.80 -47.65	11205 M2	Kuzey-Güney
BLOK C	+34.90 -47.60	11175 M2	Kuzeybatı-Güneydoğu
BLOK D	+37.54-+46.78	12861 M2	Kuzeybatı-Güneydoğu
BLOK E	+33.90-+43.60	10659 M2	Kuzeybatı-Güneydoğu



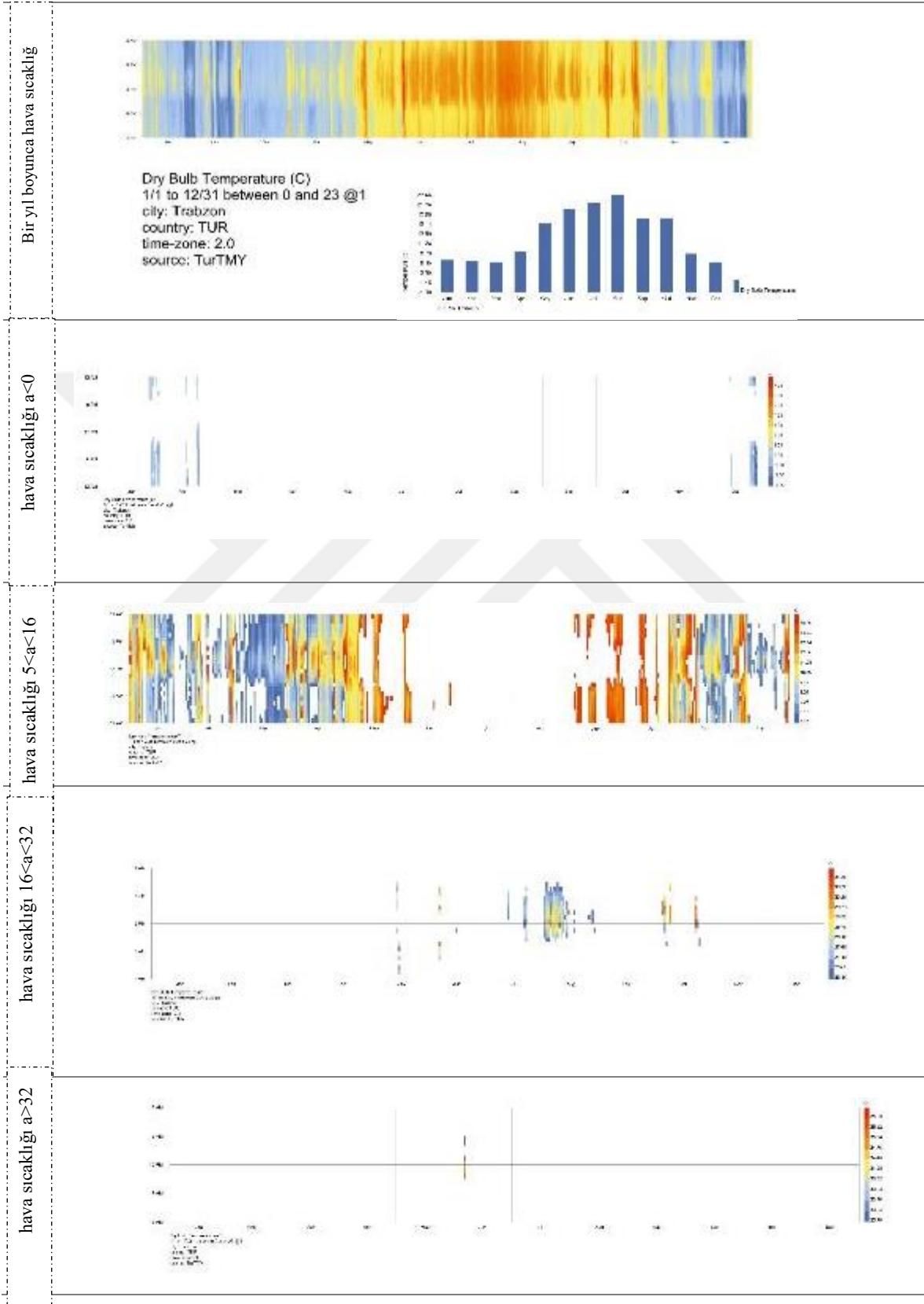
Şekil 21. Site planı- Armada cadde -Trabzon-Türkiye

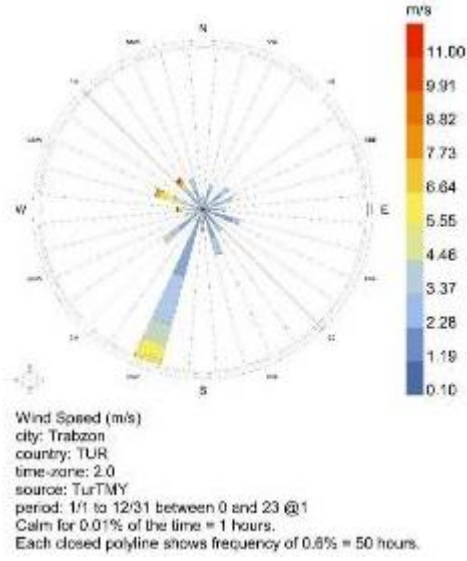
Trabzon'da hava, Karadeniz iklimi nedeniyle yoğun yağış ile karakterizedir. Bu bölge yazın sıcak ve nemlidir. Ağustos ayında ortalama sıcaklık 26.7 dereceye ulaşır. Şehir merkezinde en düşük hava sıcaklığı Ocak ayında 5 °C derecedir (soğuk ve nemli). Trabzon'da kar yağışı genellikle Aralık ve Mart ayları arasında olup bir ve bazen iki hafta sürer.(Şekil 19-24), (Tablo 25)



Şekil 22. İklim çalışmalarının termal grafiği (Trabzon-Türkiye)

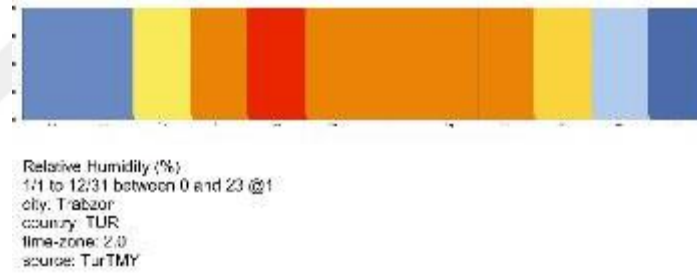
Tablo 12. İklim çalışmalarının termal (Trabzon-Türkiye)



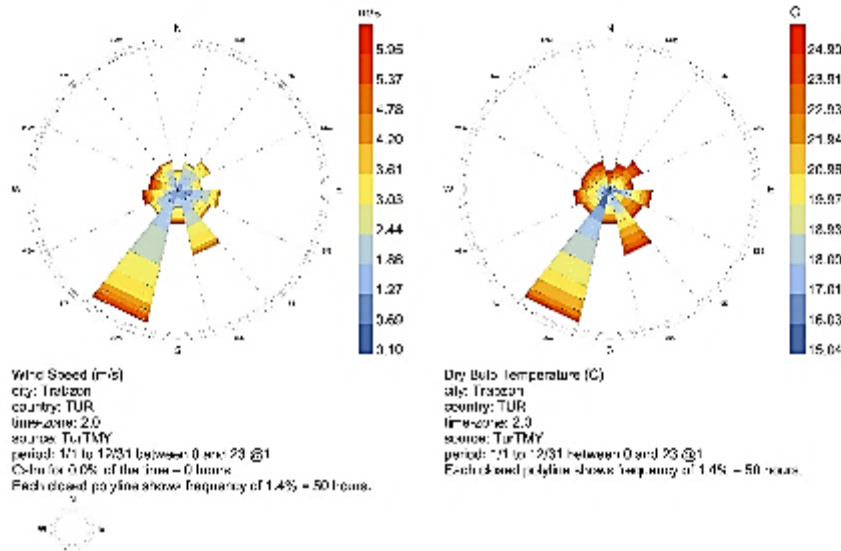


Hakim rüzgar yönü güneybatıyı gösterir.

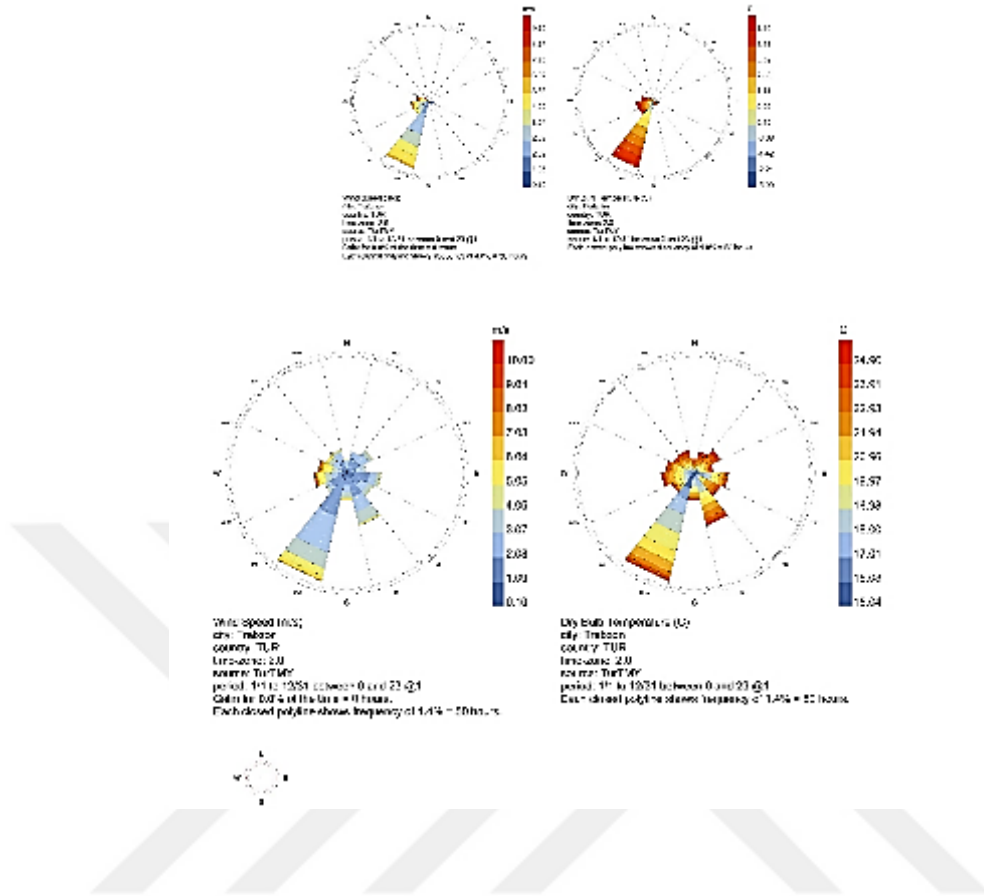
Şekil 23: Hakim rüzgar yönü tablosu (Trabzon-Türkiye)



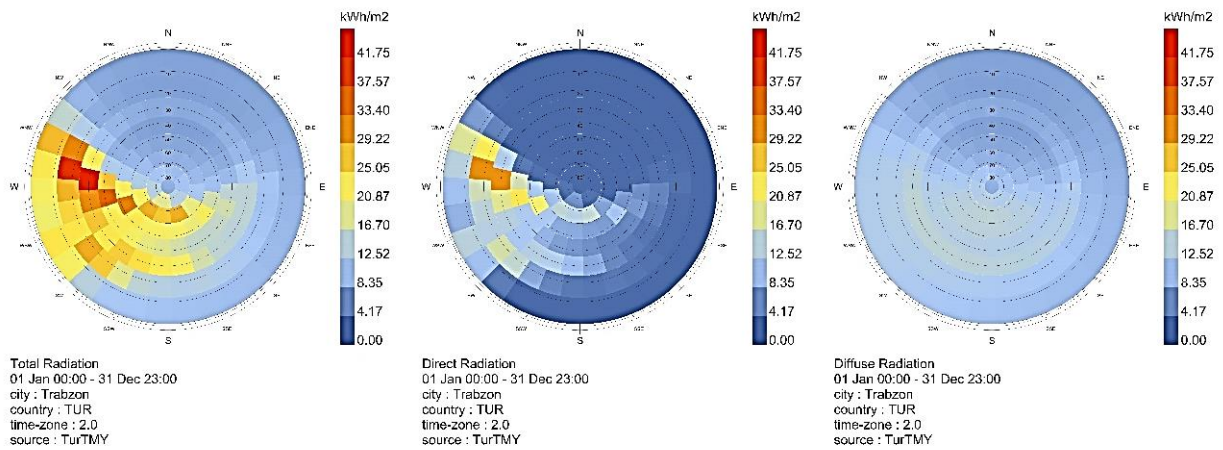
Şekil 24. Yıllık nem tablosu 2022



Şekil 25. Hakim rüzgar yönü + hakim rüzgar sıcaklığı (Trabzon-Türkiye)



Şekil 26. Yıl boyunca hakim rüzgar yönü + hakim rüzgar sıcaklığı karşılaştırması - kısıtlamalarla birlikte (Trabzon-Türkiye)



Şekil 27. Işık yansımaları + rüzgar yönü + güneş enerjisi yönü karşılaştırması (örtüşme)

İnşaat projeleri ile iklim arasındaki ilişkinin iki genel yönü dikkate alınmaktadır:

- Birincisi: Hava koşullarının binanın tasarımı, şekli ve yapımı üzerindeki etkileri
- İkincisi: hava koşullarının inşaat faaliyetleri üzerindeki doğrudan etkileri

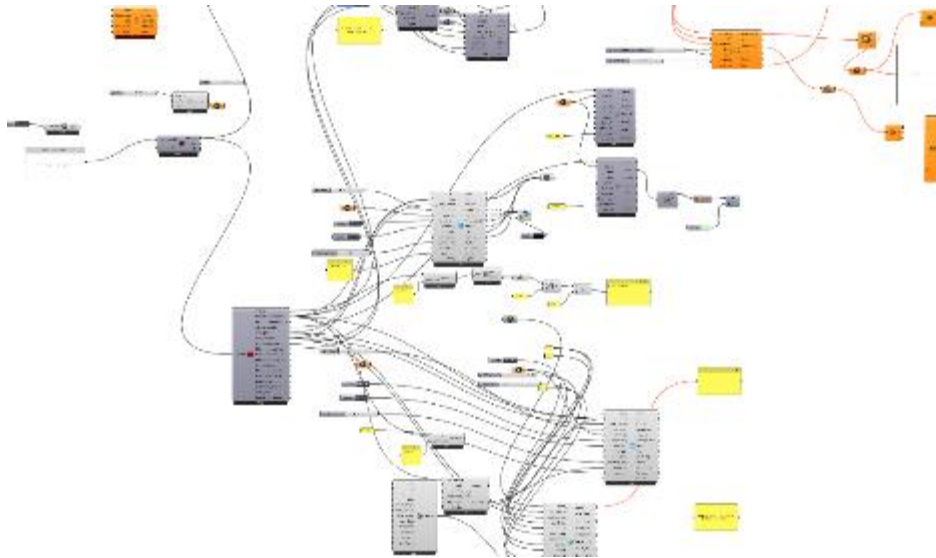
Bu hava koşullarına bağlı olarak seçilen site planlarında aşağıdaki hususlar dikkate alınmıştır:

- İlk adım: Uygun ve arzu edilen konum
- İkinci adım: Binaların birbirine göre yerleşimi, düzenlenmesi ve hava koşullarının etkisi
- Üçüncü adım: Kullanılan malzemelerin hava ve iklim koşullarına dayanıklılığı
- Dördüncü adım: Bina mimari planı, şekli ve hava koşullarına göre tasarlanması

Mimari projelerinin iklime uyumlu mimariyi esas alan konfor ve rahatlık kat sayılarına bağlı olarak her boyutunda vurgu yapılarak ele alınmıştır.

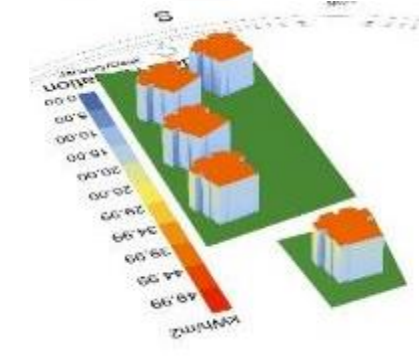
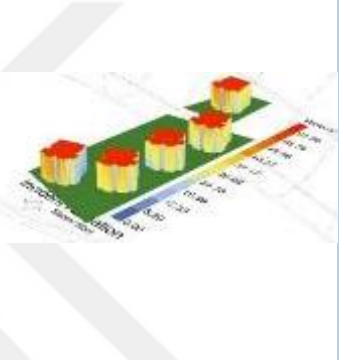
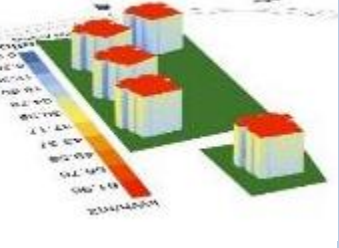
3.1.2. Hava Koşullarının Bina Cepheleeri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması

Ladybug + Honey Bee eklentileri ve epw dosyası kullanılarak alınan termal etkiler iki adımda (mevsimsel ve yıllık sıcaklık) hesaplandı ve kolay görülebilmesi için bir renk matrisine dönüştürülmüştür.

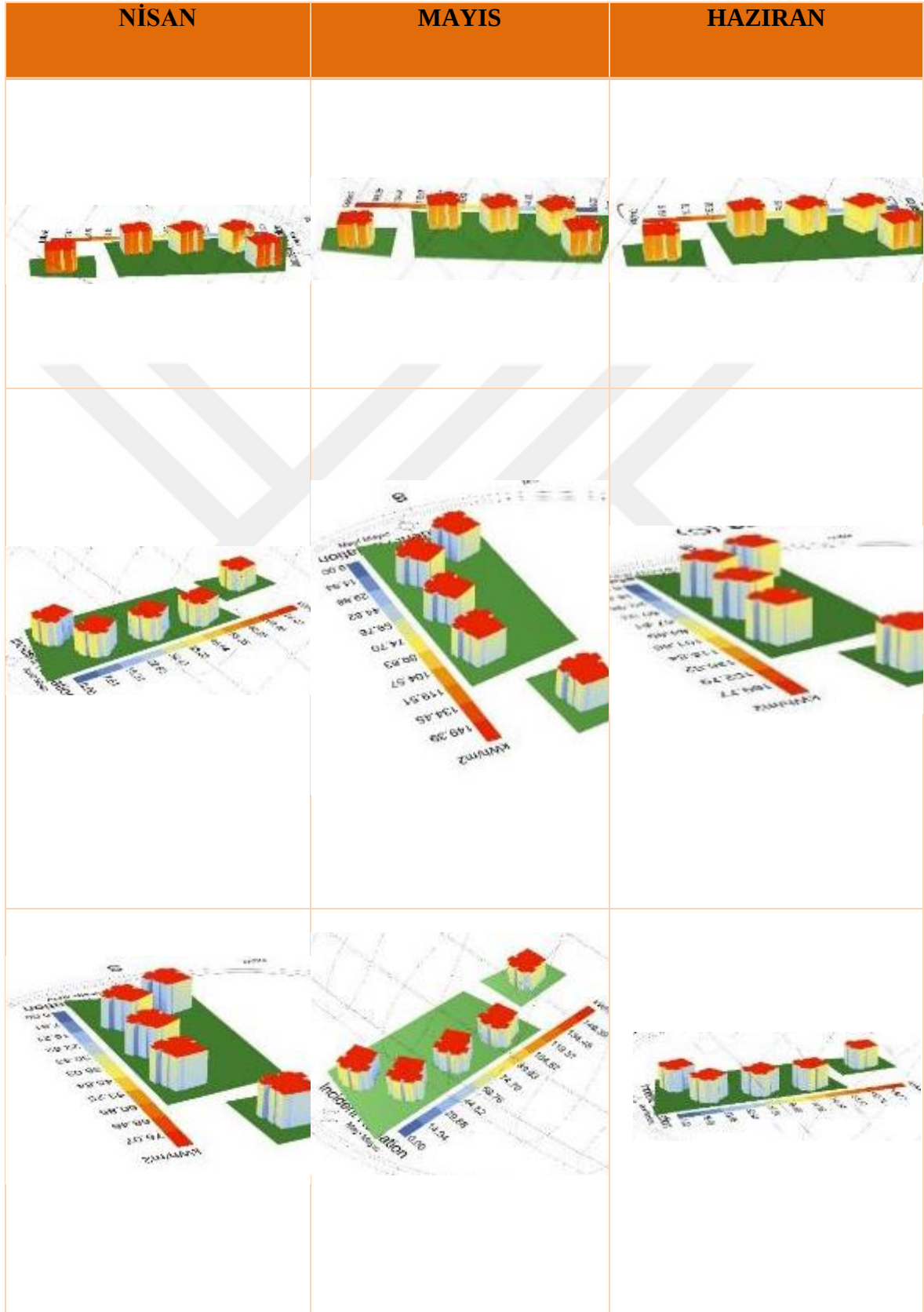


Şekil 28. Binaının mevcut durumunda ısı alımının simülasyonu için algoritma (2022)

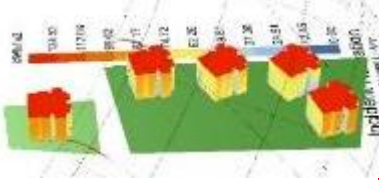
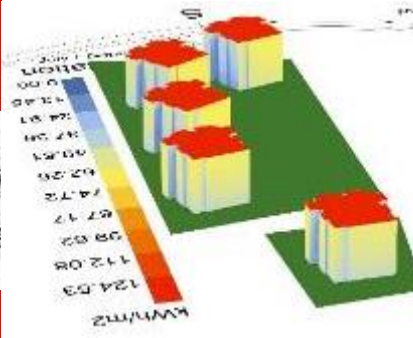
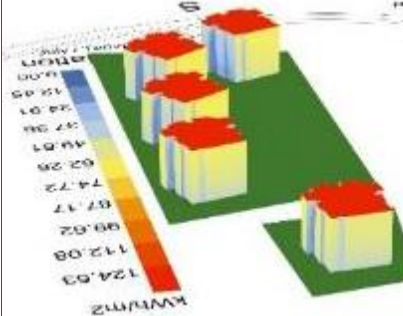
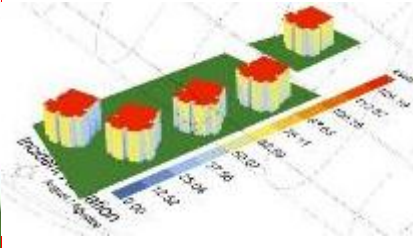
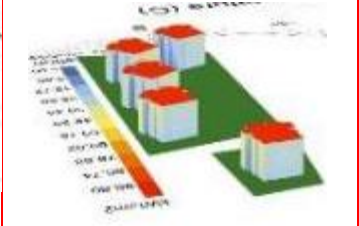
Tablo 13.Kış dönemi için güneş radyasyonu

Ocak	Şubat	Mart
		
		
		

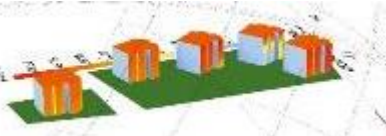
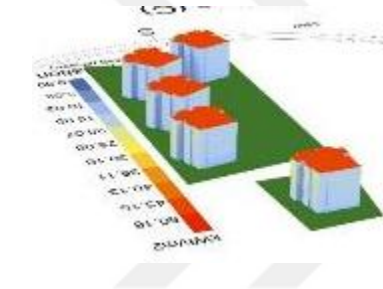
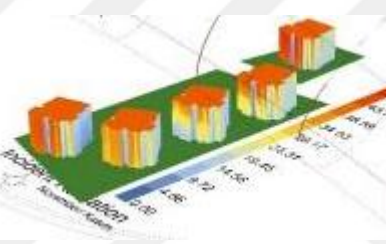
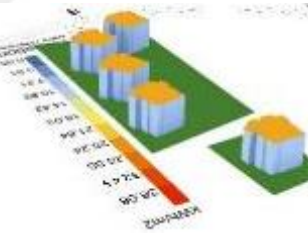
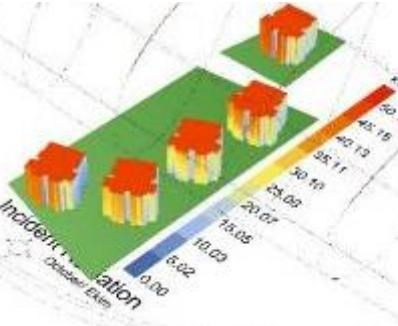
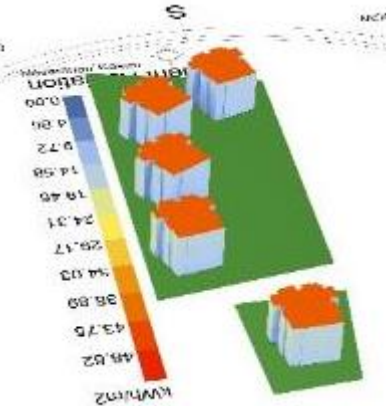
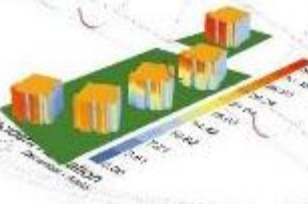
Tablo 14. İlk bahar dönemi için güneş radyasyonu



Tablo 15. Yaz dönemi için güneş radyasyonu tablosu

TEMUZ	AĞUSTUS	EYLÜL
		
		
		

Tablo 16. Sonbahar dönemi için güneş radyasyonu tablosu

EKİM	KASIM	Aralık
		
		
		

Tablo 18'nin devamı

		EKİM				KASIM				ARALIK			
		K	G	B	D	K	G	B	D	K	G	B	D
1	Blok A												
2	Blok B												
3	Blok C												
4	Blok D												
5	Blok E												

K=Kuzey /G=Güney /B=Batı /D=Doğu

■ 1. alınan enerji+1(En çok alıcı)
■ 2. alınan enerji+2
■ 3. alınan enerji+3
■ 4. alınan enerji+4
■ 5. Zayıf alınan enerji
 *.Tanım⁶

Tablo 19. Sıcaklık aralığına göre güneş radyasyonu tablosu

a<0	0<a<5	5<a<15	15<a<25	25<a<32

Tablo 20. Sıcaklık aralığı renkli matris tablosu

		a<0				0<a<5				5<a<15				15<a<25				25<a<32			
		K	G	B	D	K	G	B	D	k	G	B	D	K	G	B	D	K	G	B	D
1	Blok A																				
2	Blok B																				
3	Blok C																				
4	Blok D																				
5	Blok E																				



1. alınan enerji+1 (En çok alıcı)
2. alınan enerji+2
3. alınan enerji+3
4. alınan enerji+4
5. Zayıf alınan enerji

3.1.4. Araştırma Optimizasyonunun Aşamalarının Belirlenmesi

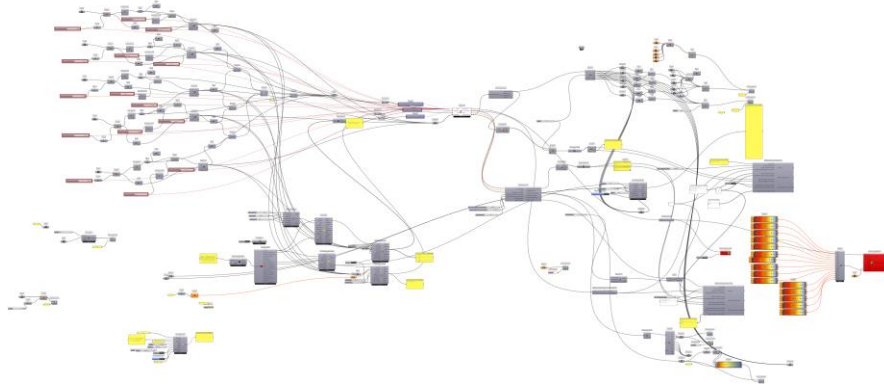
Aşağıda alan çalışmasında kullanılan adımlar ve koşullar verilmiştir.

- Ladybug yazılımı kullanılarak araştırılan çalışma alanının bir yıl boyunca (termal-mevsimsel) aldığı enerji hesaplanmıştır
- Amaç fonksiyonları belirlenmiştir
 - Doğrudan güneş saatleri (Direct sun hours)
 - Toplam radyasyon (Total radiation)
 - Binalar arasındaki mesafe (Distance between buildings)
- Amaç fonksiyonlarına karşılık gelen parametreler ve değerleri belirlenmiştir. (Tablo 9,10)
- Simülasyon algoritması amaç fonksiyonlarına ve giriş parametrelerine göre yazılması.
- Bu çalışmada 25 nesil (generation) ve her nesilde 15 birey (individual) seçilmesi, toplam örnek evren 375 olacak ve buna göre 374 cevap elde edilecektir. (individual at generation)
- Her amaç fonksiyonunun ilk 15 kaydı çıkarılması (Tablo 22)

- Elde edilen kayıtlardan en iyi elmas çizelgelerinin çıkarılması (Tablo 2)
- Pareto cephesiden 14 cevaplar Kontrol edilmiştir ve son olarak bunlar arasından 4 cevap seçilmiştir. (Şekil 22,23)
- Öncelikle her neslin(generation) ilk birey (individual) çıkarıldı ve son olarak elde edilen cevaplar incelenerek dokuzuncu, on beşinci, on sekizinci, on dokuzuncu, yirminci, yirmi birinci, yirmi ikinci, yirmi üçüncü ve yirmi dördüncü nesiller) generations)seçilmiştir. Seçilen nesillerdeki(generations)tüm bireyler incelendi ve bazıları verilere göre seçildi. (Tablo 27-32)
- K-means nasıl kategorize edileceğini anlamak için kullanılır.
- Üç cevap en iyi cevap olarak seçildi.
- Nihai cevaba göre önerilerde bulunuldu.

3.1.5. Alan Çalışmasındaki Simülasyonun Genetik Algoritma Yazılımının Hazırlanması

Bir optimizasyon projesinin ilk adımında modelleme (simülasyon) gereklidir. Oluşturulan modelin verimli bir model olması (Generative model), yani girdi parametreleri değiştirilerek farklı sonuçlar görülebilmektedir.



Şekil 29. Algorithm (simulation + optimization)

Bu optimizasyonun amacı, güneş ışığına göre açıyı döndürerek ve doğru konum olarak coğrafi koordinatları bularak, soğuk mevsimde binanın aldığı ısıtma yükünü maksimuma

çıkartabilecek parametrik geometri modelleri bulmaktır. sıcaklık 22 derecenin üzerinde ise bu değer minimuma indirilmelidir.

Geometrilerin maksimum mesafesi bu araştırmanın hedef fonksiyonlarından biridir. Evrimsel algoritmalar çok amaçlı problemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. En popüler ve güçlü evrimsel algoritmalarından biri, mimari ve enerji problemlerinin çözümü alanında oldukça popüler olan NSGA-II algoritmasıdır. Araştırma parametrelerinin çokluğuna (18 parametre) göre her nesildeki(generation) nüfus sayısı 15, toplam nesil (individual) sayısı ise 25'tir. Ve neyse ki sonuçlar kabul edilebilir duurmaktadır. Bu algoritmayı gerçekleştirmek için GA + WALLACEI kullanılmış ve yine bu algoritmanın kodu Python programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Bu çalışmada kullanılan optimizasyon sınırlandırılmıştır. Optimizasyon bittikten sonra optimal cevapların daha iyi tahmin edilebilmesi için elde edilen cevapların K-means kullanılarak kategorize edilmesi ihtiyacı hissedilmiştir.

3.2. Form Optimizasyonu-Üretim Süreci (Form Bulma)

Mevcut çalışma, üretken tasarım yöntemi kullanılarak farklı bina formlarının tek bir alanda üretilmesi amacıyla yürütülmüştür. Konunun daha iyi anlaşılması için mevcut bir örneklem (Armada Caddesi-Trabzon) seçilmiş ve tüm maddeler aynen simüle edilmiştir.

Tablo 21. İşaretlerin ve kısaltmaların listesi

GA	Algoritma genetiği(Algorithm genetics)
Fp_{Bi}	Binaların siteye yerleştirilmesi
DV	Tasarım değişkenleri
DS	Tasarım alanı
$Fp_{(s)}$	Site ayak izi
R_{Bi}	Binanın dönme miktarı i
l_{Bi}	İlk durum i'nin yeri
H_{Bi}	bina yüksekliği (i)
FD	Amaç fonksiyonu, binalar arasındaki maksimum mesafedir.
Fp	Amaç fonksiyonu, güneşten maksimum miktarda yansıtıcı enerji alma miktarıdır.

<i>FV</i>	Amaç fonksiyonu, 22 derecenin üzerindeki bir sıcaklıkta minimum miktarda doğrudan güneş enerjisi miktarını ve 20 derecenin altındaki bir sıcaklıkta maksimum miktarı elde etmektir.
<i>Gn:in</i>	nesil: bireysel(generation: individual)
<i>x₁y</i>	Bloklar arası mesafe
<i>AG_x</i>	Önceki merkez noktası ile yeni koordinat merkezi arasındaki açı
<i>GcX</i>	Blokların alanı
<i>ArX</i>	Küresel koordinatlar
	Kırmızı renk bunun (<i>Gn:in</i>) seçildiğini gösterir.
	Sarı renk: yeni bir rekor kırmıştır.
	Nesillerde(generation) herhangi bir değişiklik görülmez ve veriler tekrarlanmıştır.

Türkiye'deki modern konut siteleri genellikle çevresel konfor ve peyzaj yaklaşımıyla tasarlanmaktadır. Gözlemlere göre, çoğu durumda binanın yönelimi çevrenin peyzajından etkilenir ve genellikle bu öge lehine gerekli öncelikten çıkarılır.

Bu çalışmada istenilen proje, yan konvansiyonlu kare bir plan izlemiş ve Plan 2 sahasının arazisinin doğu kenarına dört yapı bloğu (B,C,D,E), merkeze ise tek blok (A) yerleştirilmiştir. Plan No.1 sitesi.

İlk aşamada istenilen site simüle edildi, erişimler ve binalar arasındaki aralık (stratejiye bağlı olarak), her binanın dönme derecesi ve yapı bloklarının yüksekliği (optimizasyon parametreleri veya giriş parametreleri) oluşturmaktadır. İkinci aşamada iklim çalışmalarına dayalı olarak çevre koşulları araştırmaktadır. İkinci aşamada, iklim çalışmalarına dayalı olarak çevre koşulları incelenmiştir. Eşzamanlı olarak optimize edilmesi gereken çoklu amaç fonksiyonlarıyla ilgili bir sorunuz var gibi görünüyor. Bu problemler bilinen yöntemlerle çözülemeyen çok amaçlı fonksiyon problemleri olarak adlandırılır. Bu durumda, problemimizi çözmek için çok amaçlı fonksiyon problemlerini çözmek için ikinci tip genetik algoritmayı kullanan Wallecei eklentisini (sürüm 2.6) kullandık. Belirtilen hedefler sırasıyla ayrık ve sürekli olduğundan, aralarında iletişim kurmanın bir yolu bulunmalıdır. Mevcut araştırma yöntemi, belirli hedeflere bağlanmak ve farklı şekiller oluşturmak için uygun algoritmayı bulmak için bilgisayar modellemesine dayanmaktadır. Akış şemasına göre (Şekil 22) [arama algoritmasının akışını gösterir], görebileceğiniz gibi, araştırma süreci birkaç farklı bölümden oluşur. İşin hangi aşamasında olursa olsun, sorunu, vaziyet planı sayfasını ve bağımsız parametreleri tanımladıktan sonra, tasarımcı her bir DV'nin kapsamını belirler. Her DV'nin başlangıç değeri, aralıkta ortalama bir değere ayarlanmış ve her blok için 3 DV ele alınmış ve bu DV'lerin değerleri Tablo 21 ve Şekil 16'te sunulmuştur. Mimariye odaklanan bu araştırmada, tasarım özellikleri bölümünü de içerecek şekilde

değişken tipi seçilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle, seçilen değişkenler tamamen Tablo 21'e göre formun tasarlanmasında ana parametreler olan ve Tablo 13-19'e göre hepsi enerjide etkili olan yönelim, şekil ve geometri ve konfor mesafesi alanındaydı(سمعی, 1399) gün ışığı çalışmaları. Alanın izi FP'lerini elde ettikten sonra, algoritma önce yapı taşlarının yüksekliğini FV ve Fp'ye göre rastgele yerleştirir ve ardından binanın dönüş parametreleri olan *LBi*'nin FD'ye (binalar arasındaki boşluk) göre konumunu yerleştirir.

Tablo 22. Tasarım değişkenleri

Tasarım değişkenleri(Design variables)	
Yükseklik(Height)	25-50
Yerel koordinatlar(Local coordinates)	X / 0-10 , Y/ 0-10
Bina rotasyonu (Building rotation)	-45 – +45

Bu optimizasyon 375 kişilik başlangıç popülasyonu ile başlamış ve 3.30 dakikalık bir süre sonunda (optimizasyon) istenilen veri elde edilmiştir.Verileri değerlendirmek için 22 tabloya göre sunulan amaç fonksiyonlarının ilk 15 kaydı(ranking) göstermiştir;

Tablo 23. Amaç fonksiyonlarının puanlara ve sıralamaya göre değerleri 0-14

	<i>FD</i>	<i>FD/FR</i>	<i>FV/FR</i>	<i>FP/FR</i>	<i>FV</i>	<i>FD/FR</i>	<i>Fp/FR</i>	<i>FV/FR</i>	<i>*FP</i>	<i>FD/FR</i>	<i>FP/FR</i>	<i>FV/FR</i>
0	24;3	0/374	18/374	107/374	24;1	48/374	85/374	0/374	24;3	0/374	18/374	107/374
1	24;6	1/374	8/374	103/374	23;4	12/374	164/374	1/374	23;1	31/374	3/374	62/374
2	24;2	2/374	5/372	84/374	24;0	32/374	86/374	2/374	24;2	2/374	84/372	5/374
3	24;5	3/374	6/374	102/374	23;1	31/374	62/374	3/374	24;5	3/374	102/374	6/374
4	23;1	31/374	3/374	62/374	24;2	2/374	84/376	4/374	24;6	1/374	103/374	8/374
5	23;2	5/374	53/374	65/374	24;5	3/374	102/376	5/374	22;5	21/374	96/374	47/374
6	24;14	6/374	54/374	77/374	23;3	12/374	160/374	6/374	22;7	18/374	146/374	49/376
7	23;9	7/374	198/374	127/374	24;6	1/374	103/376	7/374	23;0	0/374	43/374	5/374
8	24;8	8/374	212/374	145/374	24;7	59/374	74/374	8/374	23;2	5/374	65/374	53/374
9	24;13	9/374	55/374	78/374	24;9	30/374	76/374	9/374	23;7	46/374	43/374	15/374

Tablo 22'in devamı

10	23;12	10/374	63/374	92/374	23;8	34/374	150/374	10/374	24;8	8/374	212/374	145/374
11	22;14	11/374	267/374	189/374	24;11	33/374	116/374	11/374	24;13	0/374	43/374	5/374
12	23;4	12/374	1/374	160/374	22;3	59/374	99/374	12/374	24;14	6/374	77/374	54/374
13	24;12	13/374	29/374	117/374	24;10	60/374	79/374	13/374	24;12	13/374	117/374	29/374
14	23;5	15/374	228/374	144/374	20;4	17/374	151/374	72/374	23;3	12/374	160/374	6/374

* **FP**: iki amaç fonksiyonunun değerleri ile en iyi sıralama
Çünkü FP ilişkisi diğer iki amaç fonksiyonuyla süreklidir.

**Her amaç fonksiyonunun sıralaması çözümler açısından kontrol edilir, ancak seçim tamamen en üst sıralamadan yapılmaz.

3.2.1. Alan Çalışmasında Kullanılan Elmas Diyagram Bulguları

Wallacei'den aktarılan veriler için her bir çözümün uygunluk sıralamasıyla birlikte elmas uygunluk grafiğini görüntüler. Her köşesinin bir hedef fonksiyonu olan bir üçgen hayal edin ve bu fonksiyonların ortalaması merkez noktaya ne kadar yakın olursa optimal çözüm o kadar iyi elde edilmiştir. Bu elmas diyagramının konseptidir. En iyi çözüm için en fazla üç amaç fonksiyonunun seçilmesi mantıklı görüldüğünden baklava diyagramı üçgen şeklinde görünmektedir ancak amaç fonksiyonlarının sayısının artmasıyla birlikte çokgen bir şekle dönüşecekmiştir. Elmas diyagramı kararlarda oldukça faydalıdır. Elmas üçgenin köşelerindeki amaç fonksiyonları:

Doğrudan güneş saatleri /Toplam radyasyon /Binalar arasındaki mesafe

En iyi elmas haritaları seçilen nesiller(generation) arasından seçilmiştir (kirmize renk).

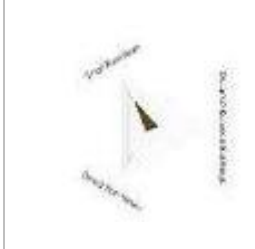
Her bir elmas diyagramda, her amaç fonksiyonunun bilgileri ve sıralaması görülüp kontrol edilebilir.Bu tablolar, amaç fonksiyonlarının 0-14 (ilk 15 kaydı(ranking)) sıralamasına göre seçilmiştir. ()

Bu grafiklerin çoğu cevaptaki denkliği göstermektedir. Bu grafiklerden bazıları daha ileri araştırmalar için seçilmiştir.

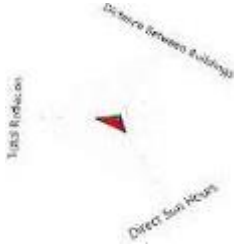
Tablo 24. Elmas grafik sıralaması

	FP		FV		FD	
0	G24;3		G24;1		G24;3	
1	G23;3		G23;4		G24;6	
2	G24;2		G24;0		G24;2	
3	G24;5		G23;1		G24;5	
4	G24;6		G24;10		G23;1	

Tablo 23'ün devamı

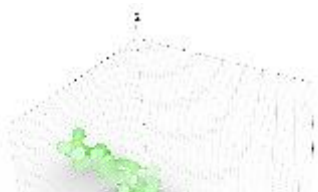
5	G22;5		G24;2		G23;2	
6	G22;7		G23;3		G24;14	
7	G23;0		G24;5		G23;9	
8	G23;2		G24;6		G24;8	
9	G23;7		G24;7		G24;13	
10	G24;8		G24;9		G23;12	

Tablo 23 'ün devamı

11	G24;1		G23;8		G22;14	
12	G24;14		G24;11		G23;4	
13	G24;12		G22;3		G24;12	
14	G23;5		G20;4		G23;5	

3.2.2. Alan Çalışmasında Kullanılan Pareto Cephesi (Pareto Front) Bulguları

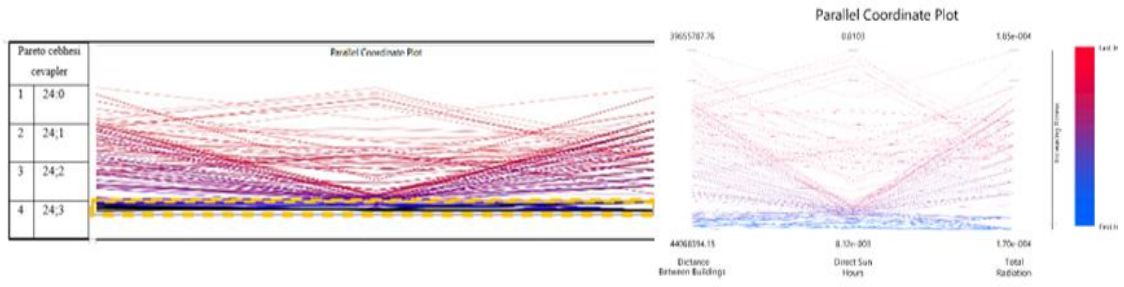
Her amaç fonksiyonunun ilk 15 kaydı elde edildikten sonra Pareto cephesinin çözümleri kontrol edilecektir. Çok amaçlı bir fonksiyonda Pareto cephesinin çözümleri



büyük önem taşımaktadır. En büyük yaklaşma Pareto cephesindeki en optimal çözümlerde görülmüştür.

- X_axis. Binalar arasındaki mesafe
- Y_axis . Doğrudan güneş saatleri
- Z_axis. Toplam radyasyon

Şekil 30. Son nesil (generation) için Pareto cephesi diyagramı(Pareto front diagram for the last generation)

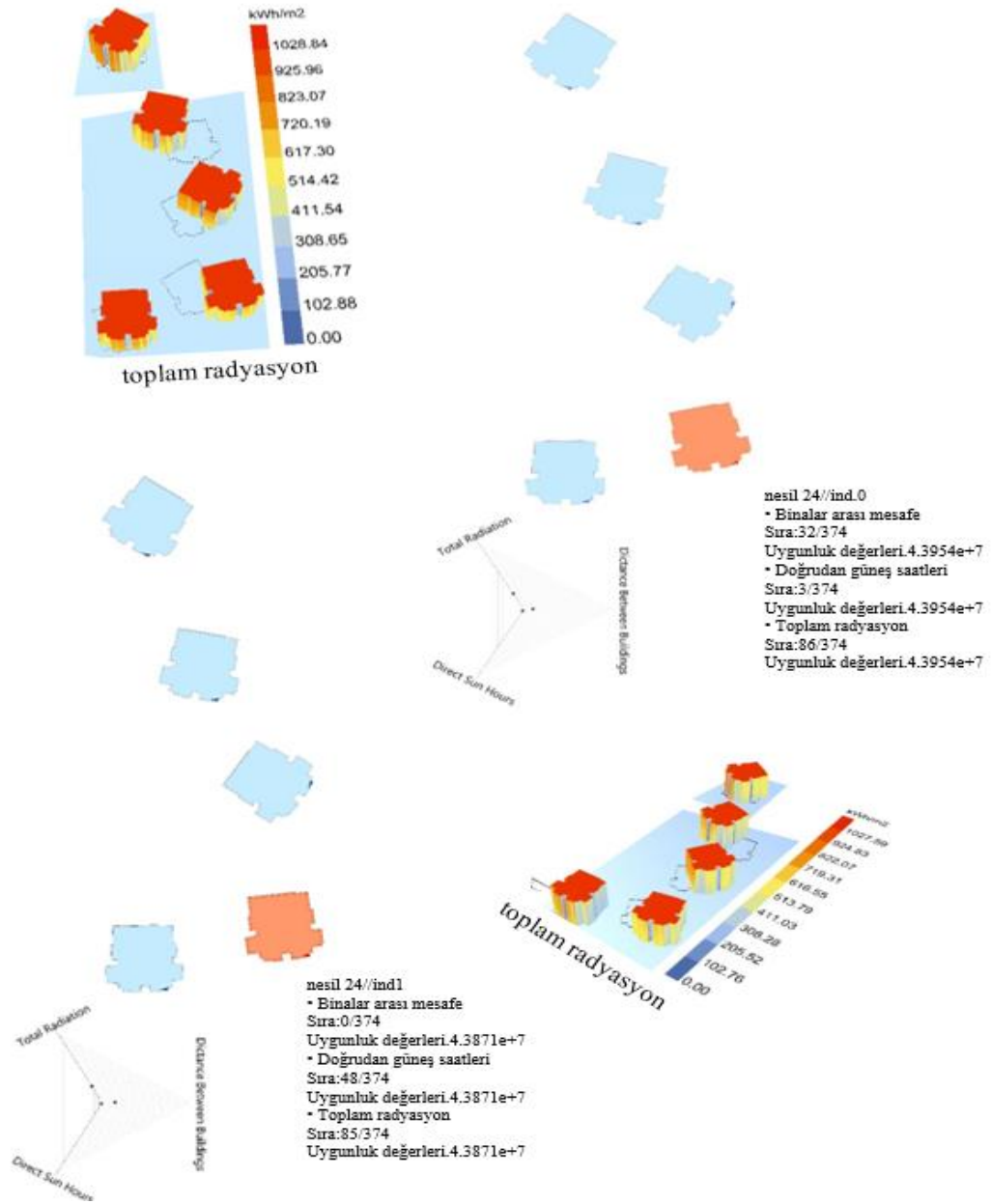


Sarı renk, PCP diyagramında Pareto cephesinin çözümlerini temsil etmiştir.

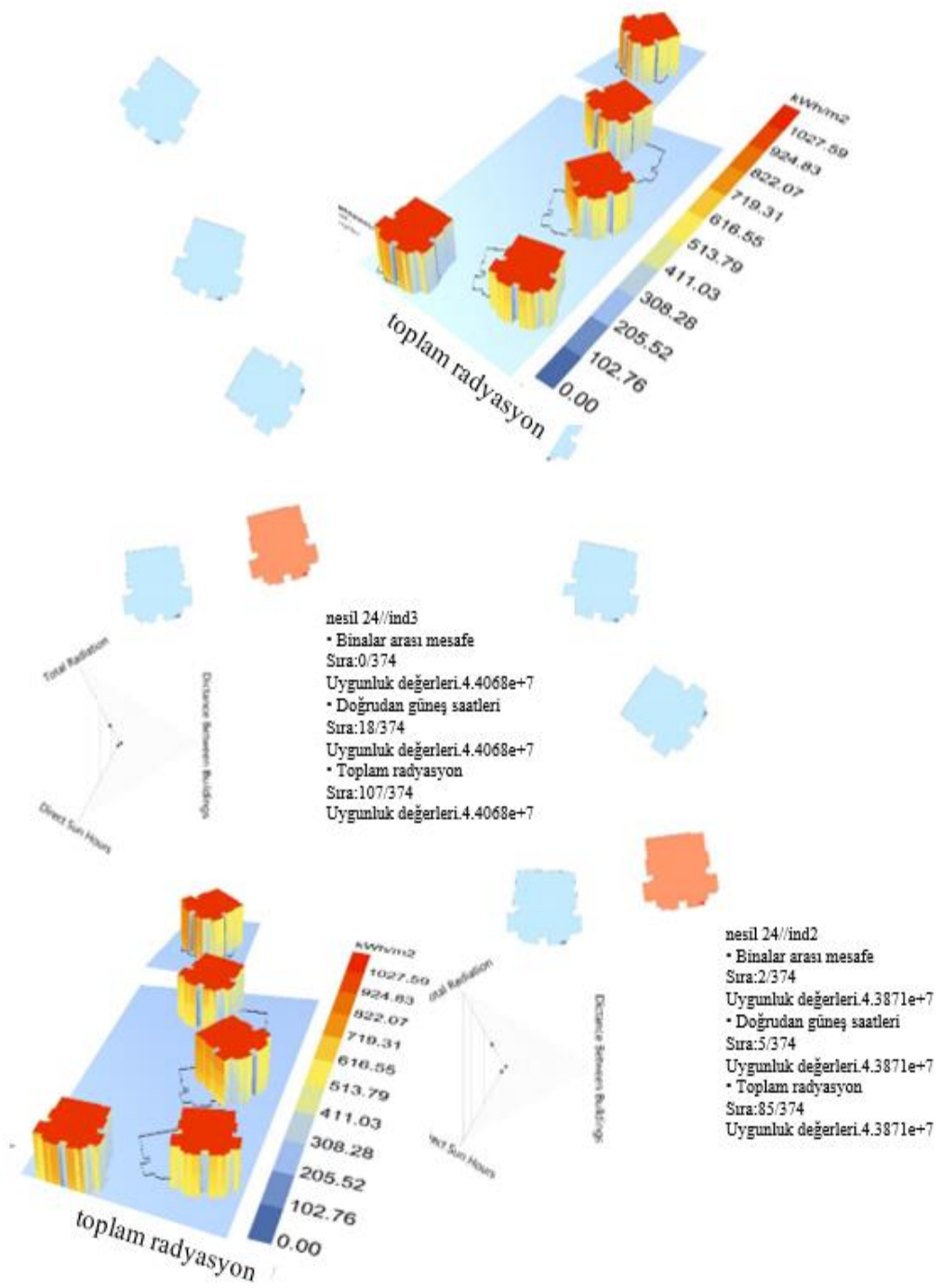
Şeki 31. Diyagram PCP en son nesil(generation) için Pareto cephesine göre

Analize göre Pareto cephesinden dört çözüm seçilerek PCP diyagramıyla birlikte tabloda gösterilmektedir. Bu diyagramda çözümlerin optimal seviyeye çok yakın olduğu görülmektedir.PCP diyagramı amaç fonksiyonlarını üç üçgen noktada gösterir ve değişiklikleri doğrusal formda gösterir. Doğrudaki kırılma açısının büyüklüğü çözümlerdeki farklılığı göstermiştir.

Elması(diamond diagram) grafiği ve ilgili amaç fonksiyonu bilgisi ile Pareto cephesinden seçilen fenotipler:(Şekil 32.33)



Şekil 32. En son nesil (generation) için en iyi Pareto cephesi yanıtları 24;0 ,24;1



Şekil 33. En son nesil(generation) için en iyi Pareto cephesi yanıtları 24;2 , 24;3

3.2.3. Verilerin Toplanması ve Elde Edilen Bilgilerin Sınıflandırılması

Seçilen nesillere ve çözümlere göre bunlara ilişkin bilgiler toplanacak ve değerlendirilecektir.

İlk kayıt tüm nesillerde istenilen nesli (generation) temsil edecek şekilde seçilmiş ve veriler kayıt altına alınmıştır (Tablo25-27). Sonuçlara ve cevapların (individuals) incelenmesine göre istenilen nesildeki (generation) çözümler daha da araştırılmıştır (Tablo28-31).

Verilerin sınıflandırılması aşağıdakilere dayanmaktadır:

- Seçilen fenotiplere göre yapı taşları arasındaki mesafe
- Seçilen fenotiplere göre yapı taşlarının dönme açısı ve yönelimi
- Her yapı bloğunun istenilen sitedeki konumu
- Ve elde edilen bilgilere göre blokların alanı hesaplanmaktadır.

Nesillerin dizisinde yakınsama girişimleri meydana gelmiştir. Bir nesilden(generation) diğerine geçişte, cevaplardaki herhangi bir gelişme bir rekor olarak kabul ediliyor ve bunu aşağıdaki sarı renk ile tablolarda da görmektedir. Aslında sarı renk, daha iyi bir cevap için optimizasyon işleminin gösterdiği çabayı temsil etmektedir.

Nesillerin dizilişinde, birkaç nesilden (generation) sonra yeni bir kayıt kaydedilmez, aslında amaç fonksiyonuna ilişkin optimizasyon işlemi daha iyi bir çözüme ulaşmayacaktır. Tablolarda gri renkte görüntülenir ve daha iyi bir kaydın yapılmayacağı anlamına gelmiştir.

Çok amaçlı fonksiyonlarda cevapların ortalamasının her zaman karar verme kriteri olduğunu belirtmek gerekmektedir.

Her tablodaki sarı renk yeni bir kaydı, kırmızı renk ise seçilen kaydı temsil etmiştir. Aşağıdaki tablolar yukarıdan toplanan bilgilere dayanarak elde edilmiştir.

Bu sonuçların algoritmanın optimizasyondan sonra yeniden kullanılmasıyla elde edildiğine dikkat edilmelidir.

Elde edilen sonuçlara karar verebilmek için gereken veriler ve tablolar sınıflandırma yapılarak hazırlanmıştır. Bu aşamada elde edilen verilerin incelenmesi bir sonraki bölümde ele alınarak çalışmanın sonuçlarına ulaşılacaktır. Ayrıca veri çıkarımında tekrarlama ve kontrol yapılarak farklı yanıtlara da imkan sağlayabilecektir.

Tablo 25. Her nesilde(generation) birinci birey (individual) de bloklar arası mesafenin incelenmesi (F.0-24 neslinde(generation) birey(individual)-0)

S	GN:IN	AlB	BlC	ClD	DlE
1	0;0	157.82633	136.709444	90.825977	103.778541
2	1;0	157.82633	136.709444	90.825977	93.025989
3	2;0	157.82633	136.709444	90.825977	93.025989
4	3;0	144.173034	150.696416	90.825977	93.025989
5	4;0	144.173034	107.902601	130.217791	93.025989
6	5;0	144.173034	107.902601	137.708104	103.654432
7	6;0	144.173034	107.902601	137.708104	111.847482
8	7;0	140.343131	107.902601	137.708104	111.847482
9	8;0	149.083271	99.804286	137.708104	111.847482
10	9;0	149.083271	107.677471	129.831636	121.984093
11	10;0	149.083271	107.677471	99.101714	121.984093
12	11;0	149.083271	107.677471	99.101714	123.331687
13	12;0	149.083271	107.677471	99.101714	123.331687
14	13;0	149.083271	107.677471	99.101714	123.331687
15	14;0	149.083271	107.677471	113.101714	123.331687
16	15;0	149.083271	107.677471	117.708104	123.331687
17	16;0	149.083271	107.677471	99.101714	123.331687
18	17;0	152.785214	107.677471	99.101714	123.331687
19	18;0	143.532065	116.598588	99.101714	123.331687
20	19;0	143.532065	108.614994	106.917223	123.331687
21	20;0	143.532065	108.614994	136.051874	113.934332
22	21;0	143.532065	108.614994	136.051874	113.934332
23	22;0	143.532065	108.614994	136.051874	113.934332
24	23;0	143.532065	108.614994	136.051874	113.934332
25	24;0	143.532065	108.614994	136.051874	113.934332

* Yeni kayıtlar sarı renkle vurgulanmıştır.

** Kırmızı renk: daha fazla inceleme için seçilmiştir.

Tablo 26. Her nesildeki(generation) ilk bireydeki(individual) bloklar arasındaki aç (F.0-24 neslindeki(generation) birey(individual)-0)

s	Gn:ln	AG _A	AG _B	AG _C	AG _D	AG _E
1	0;0	118.566541	98.522476	66.844023	20.390565	-90.399727
2	1;0	36.559332	171.968249	-35.006489	-21.10136	18.988954
3	2;0	88.868909	-66.872787	-77.56733	-81.940361	-149.375403
4	3;0	101.743514	78.434902	-68.163556	-86.859648	-116.278478
5	4;0	107.099381	97.238754	58.473145	-75.529852	-106.917521
6	5;0	118.765094	105.220166	80.255299	14.93968	-89.067547
7	6;0	59.827156	161.796965	46.474542	-23.951536	0.847768
8	7;0	87.931467	-71.128412	-80.833474	-76.204119	-149.119136
9	8;0	100.796873	77.98298	-67.665529	-83.541129	-117.760396
10	9;0	105.858176	97.481558	56.683618	-73.868737	-108.105377
11	10;0	117.114794	106.332981	78.529704	28.626279	-90.107677
12	11;0	-11.119217	175.852805	28.552801	28.167697	-7.731722
13	12;0	87.931467	-72.142298	-80.229633	-72.873676	-148.971772
14	13;0	100.796873	77.98298	-67.857032	-83.119468	-117.929376
15	14;0	105.858176	97.481558	56.683618	-72.80591	-108.256862
16	15;0	117.114794	106.332981	78.529704	28.626279	-90.254691
17	16;0	-11.119217	175.852805	28.552801	28.167697	-7.731722
18	17;0	88.859534	-72.142298	-80.229633	-72.873676	-148.971772
19	18;0	101.734874	78.646559	-67.857032	-83.119468	-117.929376
20	19;0	107.088612	97.47503	58.470059	-72.80591	-108.256862
21	20;0	118.75276	105.625849	80.250293	15.649912	-90.254691
22	21;0	53.827156	161.828537	46.452691	-20.951536	2.026886
23	22;0	88.859534	-71.452885	-80.826878	-75.680598	-149.508882
24	23;0	101.734874	78.646559	-67.663585	-83.308077	-118.075638
25	24;0	107.088612	97.47503	58.470059	-73.694806	-108.316319

Tablo 27. Her nesildeki (generation) ilk bireydeki blokların coğrafi koordinatları

s	Gn:ln	GCA	GCB	GCC	GCD	GCE
1	0;0	{-0.114276, - 2.12138, 20.995377}	{60.713422, - 147.586251, 23.995187}	{108.25073, - 275.750269, 22.081822}	{92.397945, - 365.168, 20.495412}	{-3.897762, - 403.64429, 24.58167}
2	1;0	{-0.114276, - 2.12138, 20.995377}	{60.713422, - 147.586251, 23.995187}	{108.25073, - 275.750269, 22.081822}	{92.397945, - 365.168, 20.495412}	{5.328418, - 397.917979, 20.081961}
3	2;0	{-0.730318, - 2.214943, 22.995247}	{60.713422, - 147.586251, 23.995187}	{108.25073, - 275.750269, 22.081822}	{92.397945, - 365.168, 20.495412}	{5.328418, - 397.917979, 20.081961}
4	3;0	{-0.730318, - 2.214943, 22.995247}	{45.369491, - 138.804371, 20.995377}	{108.25073, - 275.750269, 22.081822}	{92.397945, - 365.168, 20.495412}	{5.328418, - 397.917979, 20.081961}
5	4;0	{-0.730318, - 2.214943, 22.995247}	{45.369491, - 138.804371, 20.995377}	{94.263729, - 234.980294, 22.58179}	{92.397945, - 365.168, 20.495412}	{5.328418, - 397.917979, 20.081961}
6	5;0	{-0.730318, - 2.214943, 22.995247}	{45.369491, - 138.804371, 20.995377}	{94.263729, - 234.980294, 22.58179}	{105.725847, - 372.209292, 21.99531}	{5.328418, - 397.917979, 20.081961}
7	6;0	{-0.730318, - 2.214943, 22.995247}	{45.369491, - 138.804371, 20.995377}	{94.263729, - 234.980294, 22.58179}	{105.725847, - 372.209292, 21.99531}	{-1.852876, - 402.623555, 18.582077}
8	7;0	{5.756104, - 4.201343, 23.995187}	{45.369491, - 138.804371, 20.995377}	{94.263729, - 234.980294, 22.58179}	{105.725847, - 372.209292, 21.99531}	{-1.852876, - 402.623555, 18.582077}
9	8;0	{5.756104, - 4.201343, 23.995187}	{45.61496, - 147.856636, 24.495158}	{94.263729, - 234.980294, 22.58179}	{105.725847, - 372.209292, 21.99531}	{-1.852876, - 402.623555, 18.582077}
10	9;0	{5.756104, - 4.201343, 23.995187}	{45.61496, - 147.856636, 24.495158}	{96.516441, - 242.741476, 25.081643}	{105.725847, - 372.209292, 21.99531}	{-1.852876, - 402.623555, 18.582077}
11	10;0	{5.756104, - 4.201343, 23.995187}	{45.61496, - 147.856636, 24.495158}	{96.516441, - 242.741476, 25.081643}	{103.666139, - 341.426969, 19.495486}	{-1.852876, - 402.623555, 18.582077}
12	11;0	{5.756104, - 4.201343, 23.995187}	{45.61496, - 147.856636, 24.495158}	{96.516441, - 242.741476, 25.081643}	{103.666139, - 341.426969, 19.495486}	{-2.882565, - 403.505352, 21.581855}

Tablo 26'nın devamı

13	12;0	{5.756104, - 4.201343, 23.995187}	{45.61496, - 147.856636, 24.495158}	{96.516441, - 242.741476, 25.081643}	{103.666139, - 341.426969, 19.495486}	{-2.882565, - 403.505352, 21.581855}
14	13;0	{5.756104, - 4.201343, 23.995187}	{45.61496, - 147.856636, 24.495158}	{96.516441, - 242.741476, 25.081643}	{103.666139, - 341.426969, 19.495486}	{-2.882565, - 403.505352, 21.581855}
15	14;0	{5.756104, - 4.201343, 23.995187}	{45.61496, - 147.856636, 24.495158}	{96.516441, - 242.741476, 25.081643}	{103.666139, - 341.426969, 19.495486}	{-2.882565, - 403.505352, 21.581855}
16	15;0	{5.756104, - 4.201343, 23.995187}	{45.61496, - 147.856636, 24.495158}	{96.516441, - 242.741476, 25.081643}	{103.666139, - 341.426969, 19.495486}	{-2.882565, - 403.505352, 21.581855}
17	16;0	{5.756104, - 4.201343, 23.995187}	{45.61496, - 147.856636, 24.495158}	{96.516441, - 242.741476, 25.081643}	{103.666139, - 341.426969, 19.495486}	{-2.882565, - 403.505352, 21.581855}
18	17;0	{-0.665601, - 2.257248, 22.995247}	{45.61496, - 147.856636, 24.495158}	{96.516441, - 242.741476, 25.081643}	{103.666139, - 341.426969, 19.495486}	{-2.882565, - 403.505352, 21.581855}
19	18;0	{-0.665601, - 2.257248, 22.995247}	{44.413186, - 138.511999, 20.995377}	{96.516441, - 242.741476, 25.081643}	{103.666139, - 341.426969, 19.495486}	{-2.882565, - 403.505352, 21.581855}
20	19;0	{-0.665601, - 2.257248, 22.995247}	{44.413186, - 138.511999, 20.995377}	{94.27423, - 234.983447, 23.081759}	{103.666139, - 341.426969, 19.495486}	{-2.882565, - 403.505352, 21.581855}
21	20;0	{-0.665601, - 2.257248, 22.995247}	{44.413186, - 138.511999, 20.995377}	{94.27423, - 234.983447, 23.081759}	{106.437897, - 370.486131, 21.99531}	{-2.882565, - 403.505352, 21.581855}
22	21;0	{-0.665601, - 2.257248, 22.995247}	{44.413186, - 138.511999, 20.995377}	{94.27423, - 234.983447, 23.081759}	{106.437897, - 370.486131, 21.99531}	{-2.847398, - 402.519027, 18.582077}
23	22;0	{-0.665601, - 2.257248, 22.995247}	{44.413186, - 138.511999, 20.995377}	{94.27423, - 234.983447, 23.081759}	{106.437897, - 370.486131, 21.99531}	{-2.847398, - 402.519027, 18.582077}
24	23;0	{-0.665601, - 2.257248, 22.995247}	{44.413186, - 138.511999, 20.995377}	{94.27423, - 234.983447, 23.081759}	{106.437897, - 370.486131, 21.99531}	{-2.847398, - 402.519027, 18.582077}
25	24;0	{-0.665601, - 2.257248, 22.995247}	{44.413186, - 138.511999, 20.995377}	{94.27423, - 234.983447, 23.081759}	{106.437897, - 370.486131, 21.99531}	{-2.847398, - 402.519027, 18.582077}

Tablo 28. Nesillerin(generation) değeriendirilmesinde bloklar arası mesafe

s	Gn:in	AlB	BlC	ClD	DlE
1	15;10	142.524259	116.009348	130.560176	113.280362
2	18;10	142.524259	116.009348	130.560176	112.278754
3	19;10	143.272977	116.009348	130.560176	112.278754
4	20;4	141.069394	118.110624	130.560176	112.278754
5	22;2	141.069394	119.01692	129.752972	115.417876
6	22;3	141.069394	119.01692	131.155881	114.545858
7	23;1	141.069394	119.01692	131.155881	115.417876
8	24;1	140.230897	119.01692	131.155881	115.417876
9	24;2	140.230897	119.01692	131.155881	115.417876
10	24;3	140.230897	119.01692	131.155881	115.417876
11	24;7	140.230897	119.01692	131.155881	115.417876
12	24;8	140.230897	119.01692	131.155881	115.448981
13	24;9	141.909984	119.01692	131.155881	115.448981
14	24;13	141.909984	119.01692	131.155881	115.448981
15	24;14	141.909984	119.01692	131.155881	115.448981

Tablo 29. Nesillerin (genertion)değerlendirilmesinde bloklar arası aç

s	Gn:in	AG _A	AG _B	AG _C	AG _D	AG _E
1	15;10	-16.381731	162.943151	28.390856	-23.921246	-9.987712
2	18;10	88.633328	-71.623815	-78.465586	--76.571569	-148.985817
3	19;12	101.640875	78.661529	-67.196273	-83.76058	-117.929881
4	20;4	106.975409	97.558529	56.247868	-73.981168	-108.255744
5	22;2	118.63807	105.673068	77.122811	15.252461	-90.252243
6	22;3	-2.859332	159.970185	26.371397	-24.007283	-7.35991
7	23;1	88.751213	-71.460379	-78.311932	-75.48044	-149.438914
8	24;1	101.540366	78.818169	-67.179365	-83.105297	-118.257211
9	24;2	106.852697	97.558529	56.012745	-73.645024	-108.470094
10	24;3	118.507629	105.673068	77.122811	14.326136	-90.391246
11	24;7	-19.381731	159.970185	26.371397	-24.007283	-5.987712
12	24;8	88.637757	-71.460379	-78.311932	-75.48044	-149.39585
13	24;9	101.740956	78.818169	-67.179365	-83.105297	-118.246675
14	24;13	107.097348	97.558529	56.012745	-73.645024	-108.466335
15	24;14	118.767083	105.673068	77.122811	14.326136	-90.392526

Tablo 30. Blokların coğrafi koordinatları, nesillerin (genertion) değerlendirilmesi.

s	Gn:in	Gca	Gcb	Gcc	Gcd	Gce
1	15;10	{0.888037, - 3.438416, 24.99513}	{44.199087, - 139.22158, 24.495158}	{99.181423, - 241.373937, 24.58167}	{104.819539, - 371.786674, 21.99531}	{-3.882422, - 403.561423, 24.58167}
2	18;10	{0.888037, - 3.438416, 24.99513}	{44.199087, - 139.22158, 24.495158}	{99.181423, - 241.373937, 24.58167}	{104.819539, - 371.786674, 21.99531}	{-2.865292, - 403.46958, 24.58167}
3	19;12	{0.077554, - 2.912423, 24.99513}	{44.199087, - 139.22158, 24.495158}	{99.181423, - 241.373937, 24.58167}	{104.819539, - 371.786674, 21.99531}	{-2.865292, - 403.46958, 24.58167}
4	20;4	{0.077554, - 2.912423, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.181423, - 241.373937, 24.58167}	{104.819539, - 371.786674, 21.99531}	{-2.865292, - 403.46958, 24.58167}
5	22;2	{0.077554, - 2.912423, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{104.819539, - 371.786674, 21.99531}	{-2.865292, - 403.46958, 24.58167}
6	22;3	{0.077554, - 2.912423, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-2.865292, - 403.46958, 24.58167}
7	23;1	{0.077554, - 2.912423, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-3.835588, - 403.227658, 24.58167}
8	24;1	{0.8547, - 3.541743, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-3.835588, - 403.227658, 24.58167}
9	24;2	{0.8547, - 3.541743, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-3.835588, - 403.227658, 24.58167}
10	24;3	{0.8547, - 3.541743, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-3.835588, - 403.227658, 24.58167}
11	24;7	{0.8547, - 3.541743, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-3.835588, - 403.227658, 24.58167}
12	24;8	{0.8547, - 3.541743, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-3.84511, - 403.311393, 24.58167}

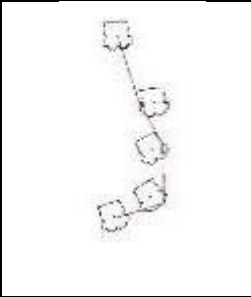
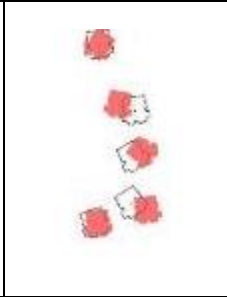
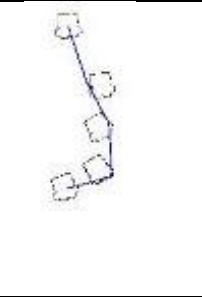
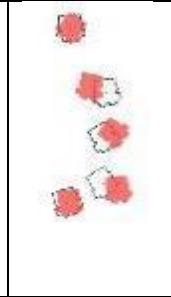
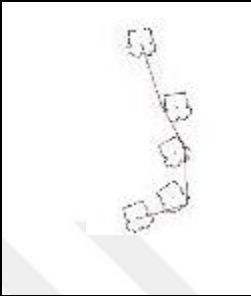
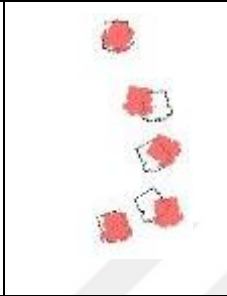
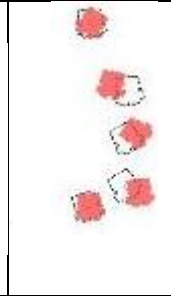
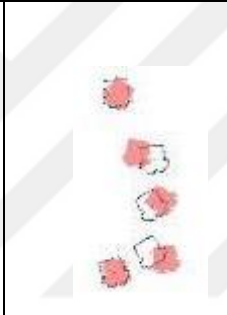
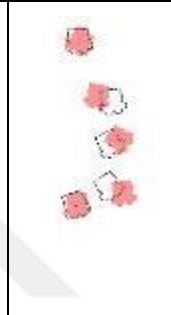
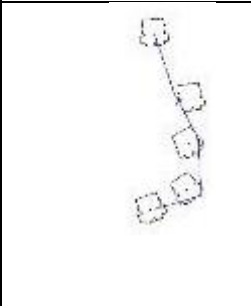
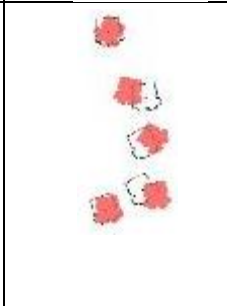
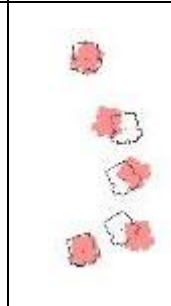
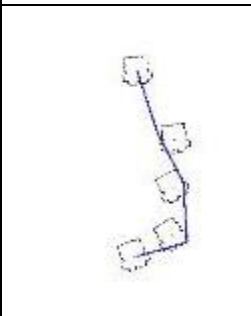
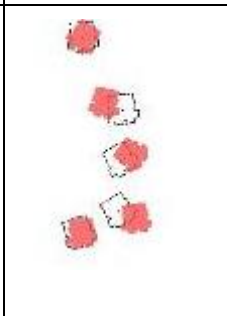
Tablo 29'un devamı

13	24;9	{-0.699592, - 2.283103, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-3.84511, - 403.311393, 24.58167}
14	24;13	{-0.699592, - 2.283103, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-3.84511, - 403.311393, 24.58167}
15	24;14	{-0.699592, - 2.283103, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-3.84511, - 403.311393, 24.58167}

Tablo 31. Nesillerin(generation) değerlendirilmesinde blok alanının incelenmesi

s	Gn:in	ArA	ArB	ArC	ArD	ArE
1	15;10	9452.869522	9729.301894	10005.734267	10964.97817	11070.70766
2	18;10	10900.00477	10794.275287	10005.734267	10964.97817	11070.70766
3	19;12	10900.00477	10794.275287	10900.004777	11964.97817	11070.70766
4	20;4	10900.00477	10794.275287	11900.004777	11347.140032	10070.70766
5	22;2	11005.734267	10794.275287	11900.004777	11347.140032	10412.113425
6	22;3	12005.734267	10794.275287	11900.004777	11347.140032	10412.113425
8	23;1	12005.734267	11729.301894	11623.572405	12347.140032	10412.113425
10	24;1	12005.734267	11729.301894	11623.572405	12347.140032	10412.113425
11	24;2	12005.734267	11729.301894	11623.572405	12347.140032	10412.113425
12	24;3	12005.734267	11729.301894	11623.572405	12347.140032	10412.113425
13	24;7	12005.734267	11729.301894	11623.572405	12347.140032	10412.113425
14	24;8	12005.734267	11729.301894	11623.572405	12347.140032	10412.113425
15	24;9	12005.734267	11729.301894	11623.572405	12347.140032	10412.113425
16	24;13	12005.734267	11729.301894	11623.572405	12347.140032	10412.113425
17	24;14	12005.734267	11729.301894	11623.572405	12347.140032	10412.113425

Tablo 32. Önerilen planın yönelimi ve yerleşiminin uygulanan planla karşılaştırılması

1	23;1			6	24;8		
2	24;1			7	24;9		
3	24;2			8	24;13		
4	24;3			9	24;14		
5	24;7						

■ Kırmızı renk planı algoritmik zekanın önerisidir.

Mavi, kırmızı ve sarı çizgiler yeni bir konum bulmayı gösterir. Her kırılma yeni bir noktayı temsil eder.

4. İRDELEMELER

Tüm amaç fonksiyonlarında aynı anda optimal değerlere ulaşmanın imkansızlığı göz önüne alındığında, çok kriterli karar verme problemi genellikle çok sayıda alternatif çözümler arasından birinin seçilmesine yol açacaktır. Bu nihai seçim, amaç fonksiyonları arasında bir uzlaşma ve denge oluşturacaktır. Son olarak karar vericinin tercihi, alternatif yanıtlar kümesi arasından bir tek nihai yanıtı belirleyecektir.

4.1. Verilerin ve Grafiklerin İncelemesi

Bu çalışmada bulgulardan elde edilen istatistikler ve grafiklerin irdelemesi aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

4.1.1. İklim ile ilgili İrdelemeler

- Şekil 19'da bir yıldaki sıcaklık oranı gösterilmektedir ve bu grafiğe göre sıcaklık 5-15, %46 ve 0-5, %11 arasındadır, yani Trabzon sıcaklığı yılın yarısından fazlası soğuk olarak kabul edilir. Tablo 15 bunu doğrulamaktadır.
- Sıcaklık 15-25, %39'dur ve bu çok sıcak sayılmaz. Ancak çevre konforu hesabında iç sıcaklığın dışarıya göre +3 olarak hesaplanır.
- Şekil 20'ye ve hakim rüzgar yönüne yani güneybatıya bakıldığında nem oranında bir azalma olduğu düşünülebilir.
- Armada projesine ve beş bloğun yönelimine bakıldığında
- A Blok: Kuzey-Güney Blok
- B: Batı-Doğu
- C-D-E: plan Kuzey batı-Güney batıdır ve yaz sezonunda hakim rüzgar yönüne ve Tablo 23'e göre bu rüzgarın iç mekan havasına pek katkısı yoktur.
- Şekil 21, yılın altı ayında %50'nin üzerinde olan yıl boyunca bağıl nemi göstermektedir. Bu nedenle güneş ışığından maksimum verim alınmasının önemi çok önemlidir.

4.1.2. Renk Matrisi ile ilgili İrdeleme

Renk matrisi ile ilgili irdeleme iki başlıkta irdelenmiştir. Dört mevsim temel alan ile sıcaklığa dayalı renk matrisidir.

- Dört Mevsimi Temel Alan Renk Matrisi Analizi**

Tablo 33. Dört mevsimi temel alan renk matrisi analizi

		OCAK	ŞUBAT	MART
1	Blok A	Batı ve güney cephelerde güneşin yüksekliği nedeniyle kışın daha fazla kat ışık almaktadır. Kuzey ve doğu cephelerinde alınan enerji miktarı ihmal edilebilir düzeydedir.	Batı cephesi enerji alma konusunda diğer bloklara göre daha başarılı olmuştur.	Sırayla enerji alınmıştır: batı-güney-doğu-kuzey
2	Blok B	Batı cephesi daha fazla enerji almıştır. Üstteki 5 katın güney cephesi daha fazla enerji almıştır Kuzey ve doğu cepheleri aydınlatma açısından oldukça zayıfmıştır.	Batıdan çok az enerji almıştır.	Batı ve güney 'dan enerji almıştır. Kuzey ve doğu cepheleri az enerji almıştır.
3	Blok C	Batıdan biraz ışık almıştır. Cephelerin geri kalanı aydınlatma açısından zayıfmıştır.	Batıdan biraz enerji almıştır.	Kuzey cephesi zayıf olup geri kalan cepheler hemen hemen aydınlıdır.
4	Blok D	Her cephede çok zayıf bir aydınlatma var, güneyden biraz ışık almıştır.	zayıf	Üstteki katın batı cephesi daha ışık almıştır.
5	Blok E	En fazla enerjiyi güneyden ve daha sonra batıdan almıştır.	Işık batıdan ve güneyden geliyor, kuzey ve doğu tarafları enerji alma konusunda zayıfmıştır.	Işık batıdan ve güneyden gelir, kuzey tarafı doğu tarafına göre daha fazla enerji almıştır.
	Kesinlik	Kuzey ve doğu cepheleri daha az enerji alır. Genel olarak ışık ve enerji alma süreci: batı-güney-doğu-kuzey	D Bloкта enerji tüketimi C ve B Bloktan daha yüksekmiştir.	Kuzey cephesi diğer cephelere göre daha az güneş enerjisi almaktadır.

Tablo 34'ün devamı

		NISAN	MAYIS	HAZİRAN
1	Blok A	Kuzey cephesi enerji alma bakımından zayıftır..	Doğu cephesi enerji alma bakımından zayıftır..	Doğu cephesi diğer cephelere göre daha az güneş enerjisi almaktadır. Batı tarafı daha fazla ışık almıştır.
2	Blok B	Kuzey cephesi enerji alma bakımından zayıftır..	Doğu ve Kuzey cephesi enerji alma bakımından zayıftır..	Doğu cephesi diğer cephelere göre daha az güneş enerjisi almaktadır. Batı tarafı daha fazla ışık almıştır.
3	Blok C	Kuzey cephesinden enerji alma konusunda diğer cephelere göre daha başarılıdır.	Enerji alma süreci: batı-güney-doğu-kuzey	Doğu cephesi diğer cephelere göre daha az güneş enerjisi almaktadır. Batı tarafı daha fazla ışık almıştır.
4	Blok D	Üst katlar kuzey ve batı yönlerinden enerji alıyor, batı tarafı doğu tarafına göre daha iyi durumda.	Batı tarafı daha fazla ışık almıştır.	Üstteki katın batı cephesi daha ışık almıştır. D bloğunun kuzey tarafı, diğer blokların kuzey tarafına göre daha fazla
5	Blok E	Doğu cephesi enerji alma bakımından zayıftır..	Doğu cephesi enerji alma bakımından zayıftır..	Kuzey cephesi diğer cephelere göre daha az güneş enerjisi almaktadır. Batı tarafı daha fazla ışık almıştır.
		TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
1	Blok A	- Radyasyon açısının yüksekliğinden dolayı blokların çatısı tarafından daha fazla enerji alınmıştır. - Tüm cepheler enerji almıştır. - Bloğun doğu tarafı ışık alma konusunda başarılı değildir. - D bloğun alt katları kuzey ve batı yönlerden güneş enerjisi alma konusunda daha zayıftır. - Blokların kuzey tarafı enerji alan son kottamıştır.		
2	Blok B			
3	Blok C			
4	Blok D			
5	Blok E			
*Çatıdan alınan enerjiye ilişkin önemlidir				

Tablo 32'nin devamı

		EKİM	KASIM	ARALIK
1	Blok A	- Ekim ayında batı cephesinin durumu diğer cephelere göre daha elverişlimiştir. - Sırayla güney cephesinin durumu: BlokA-Blok E-Blok B- BlokC -BlokD - Kuzey ve doğu cepheleri ışık alma açısından oldukça zayıftır. - Blokların Kasım ve Aralık aylarındaki davranışları Akim ayı ile aynıdır. - Aralık ayında kuzey cephesi oldukça soğuk görünmektedir.		
2	Blok B			
3	Blok C			
4	Blok D			
5	Blok E			
Sonuç		✓ Enerji alımına göre blokların sırası: Blok A- Blok E- Blok B. Blok C. Blok D ✓ BlokD, C ve D blokları arasında yer alması ve batıya dönmesi nedeniyle enerji alımına diğer bloklara göre daha az katkı sağlamaktadır. ✓ D Blok batı cephesi diğer cephelere göre daha iyi durumdamıştır. ✓ Blok C güney cephesi de özellikle alt katlar enerji alma açısından pek iyi durumda değildir. ✓ Tüm blokların kuzey yüzü güneş enerjisi alımında en az katkıya sahip. ✓ Blokların çatısına çarpan enerji tüm cephelerden fazlamıştır.		

• Sıcaklığa Dayalı Renk Matrisi Analizin İrdelenmesi

Tablo 23'e bakıldığında A Blok'un diğer bloklara göre daha iyi durumda olduğu görülmektedir.

E Blok batı ve güney cephelerinden enerji alma konusunda iyidir ve ne yazık ki doğu ve kuzey cepheleri enerji bakımından düşüktür

D Blok 15 derecelik yüksek sıcaklıkta diğer zamanlara göre daha iyi durumdadır

B bloğun cephelerinin durumu düşük sıcaklıkta birbirine yakındır.

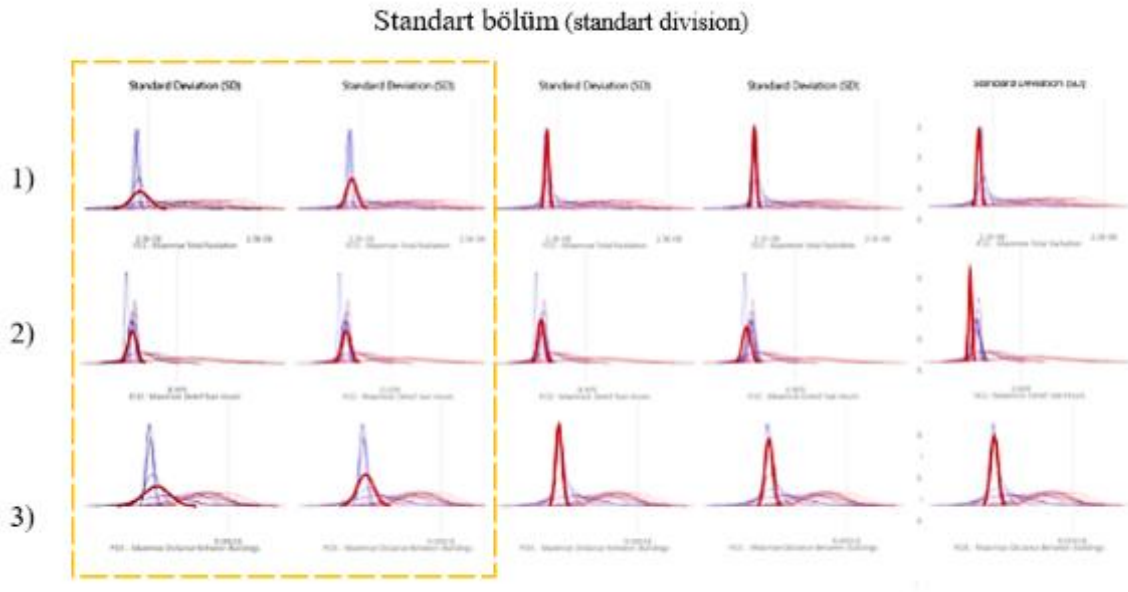
Eve D Blok'a göre daha zayıf bir güney yüzüne sahiptir.

C Blok , B Blok 'dan daha zayıftır ancak bazen D Blok'dan daha iyidir

Tüm blokların kuzey yüzü enerji alma bakımından zayıf, doğu yüzü ise nispeten düşüktür

4.1.3. Çok Amaçlı İşlevli Algoritmik Verilerin Analizi

Önceki bölüme ve her amaç fonksiyonuna ait ilk 15 kaydın seçimine göre en iyi kaydın G24 ,G23'ye ait olduğu açıktır ancak en iyi kayıt her zaman en iyi seçim değildir. Elmas grafiği fp ve fv elemanları arasında fd'den daha fazla yakınsaklık olduğunu göstermektedir. Çok amaçlı fonksiyonlar daha fazla yakınsama eğilimindedir ve bu, SD diyagramına bakıldığında daha da netleşir.



1- Toplam radyasyon (Total radiation) 2-Doğrudan güneş saatleri (Direct sun hours)3-Binalar arasındaki mesafe (Distance between buildings)

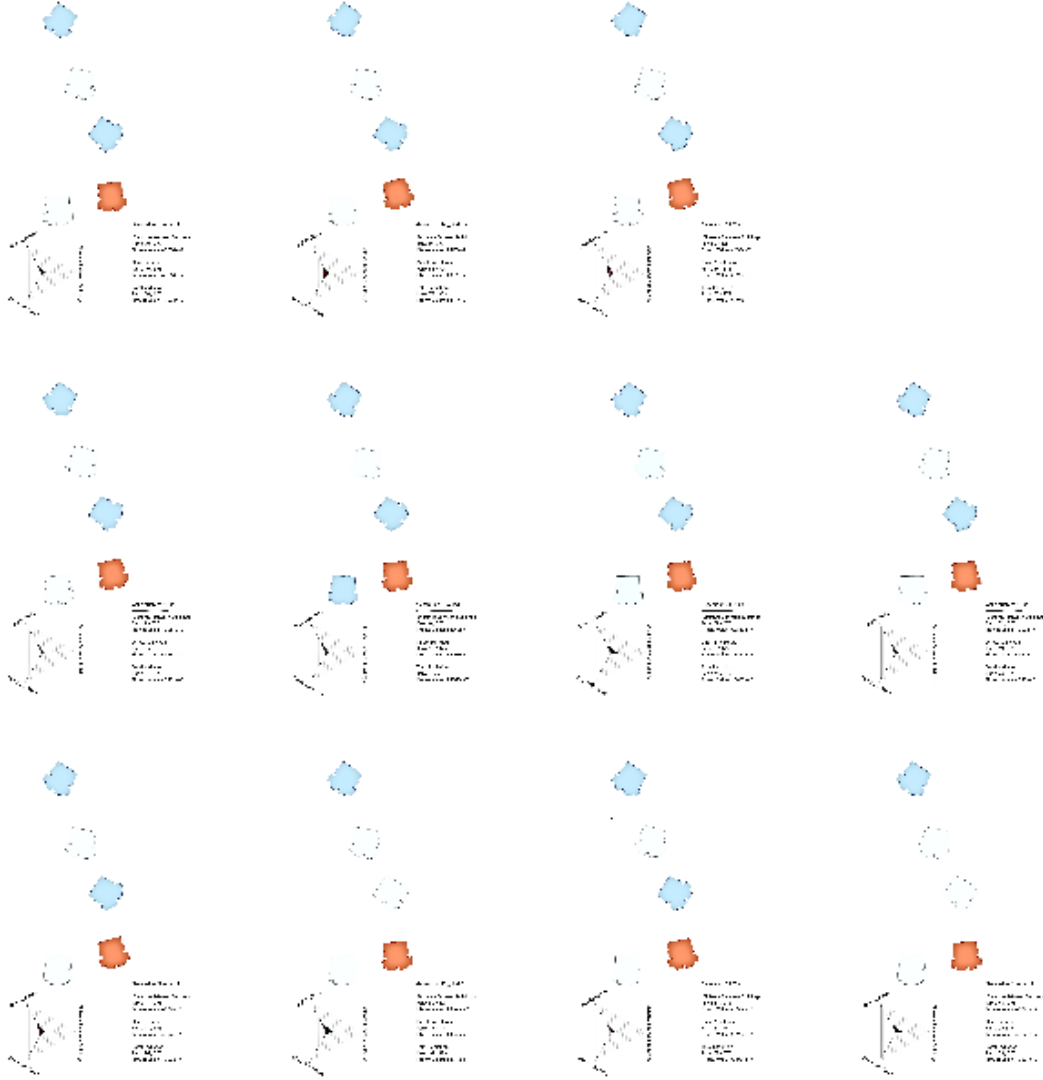
Şekil 34. Amaç fonksiyonlarındaki değişim eğilimi

SD diyagramı genellikle amaç fonksiyonlarının davranışını anlamak için kullanılır. Kırmızıdan maviye ve sağdan sola doğru hareket etmek fonksiyonların yakınsamasını gösterir, çözümlerimiz çözüme ne kadar yakınsa o kadar yakındır. Diyagrama göre amaç fonksiyonu 1 ve amaç fonksiyonu 3 benzer davranışlara sahiptir ve fonksiyon 2 ile zıtlık içinde görünmektedir. Bu koordinasyon ve koordinasyon eksikliği, algoritmanın içerdiği problemin safiyetinden dan kaynaklanmaktadır.

Önceki adımda G15;10 ve G18;10, G19;12 ve G20;4, sabit yanıt aralığında olmadıkları için hariç tutuldu. Artık bunların kaldırılmasının doğruluğu SD diyagramı tarafından belirlenmektedir. (sarı karelerle gösterilmiştir). Tablo 42'ye göre en uygun optimal cevap kalan 11 cevap arasından olmalıdır.

4.1.4. Son Analiz ve en iyi Cevabın Seçimi

En iyi cevaba karar verirken geri kalan on bir çözüme genel bir bakış yapılmıştır.



Şekil 35. Tek karede en iyi yanıtlar

4.1.5. Elde Edilen Verilere İlişkin en İdeal Seçim Metodolojisine Karar Verilmesi

Bu çalışma elmas diyafram kullanılarak bir takım maddeler seçilmiş ve her neslin en iyi kayıtlarının yanına yerleştirilmiştir. Bu nedenle seçimlerden elde edilen bilgiler toplandıktan sonra verilerin adım adım karşılaştırılması ve kontrol edilmesi gerekmektedir. Çok amaçlı problemlerde bir grup cevap aynı değere sahiptir ve bunlardan birinin seçilmesi ilgili araştırmacının veya mimarın görüşüne bağlıdır.

Öncelikle çözümler (solutions) her nesilde (generation) kontrol edilir ve daha sonra birleştirilir.

Seçim adımları:

- Bu araştırmada karar verme esas alan (Area) kullanılarak yapılmış olup, nesillerin(generation) sırası sabit alana kadar devam etmiştir.

- Bazı çözümlerin iyi bir Elmas grafiğine ve kaydına sahip olduğu ancak blokların daha küçük alanı nedeniyle bir sonraki adımdan elendiği görülmüştür.

- İkinci aşamada ise bölgenin iklim koşullarına göre bölgenin yıl boyunca nem sorunu yaşadığı görülmekte dolayısıyla bu blok düzenlemesinde daha uzun mesafe daha iyi gözükmemekte olup diğer taraftan D blok ise en zayıf blok enerjisel olarak E bloğu ile aynı hızda olduğundan, önce E'ye, sonra C'ye olan mesafe karar verilmiştir.

Aslında karar süreci şu şekildedir (Bloklar arası mesafe);

1- D_LE

2- C_LD

3- B_LC

4- A_LB

- Karar verme sürecinin üçüncü aşamasında oryantasyon binasının rotasyonuna ve baklava diyagramına bakılarak amaç fonksiyonlarının maksimum yakınsaması tartışılır.

- Sonunda hem geçerliliği hem de değeri olan bir dizi yanıtla karşılaşılr

- K-means ortalama sınıflandırması kontrol edilir

- Daha sonra optimal noktaları doğrulamak için uygunluk değeri grafiğinin kontrol edilir

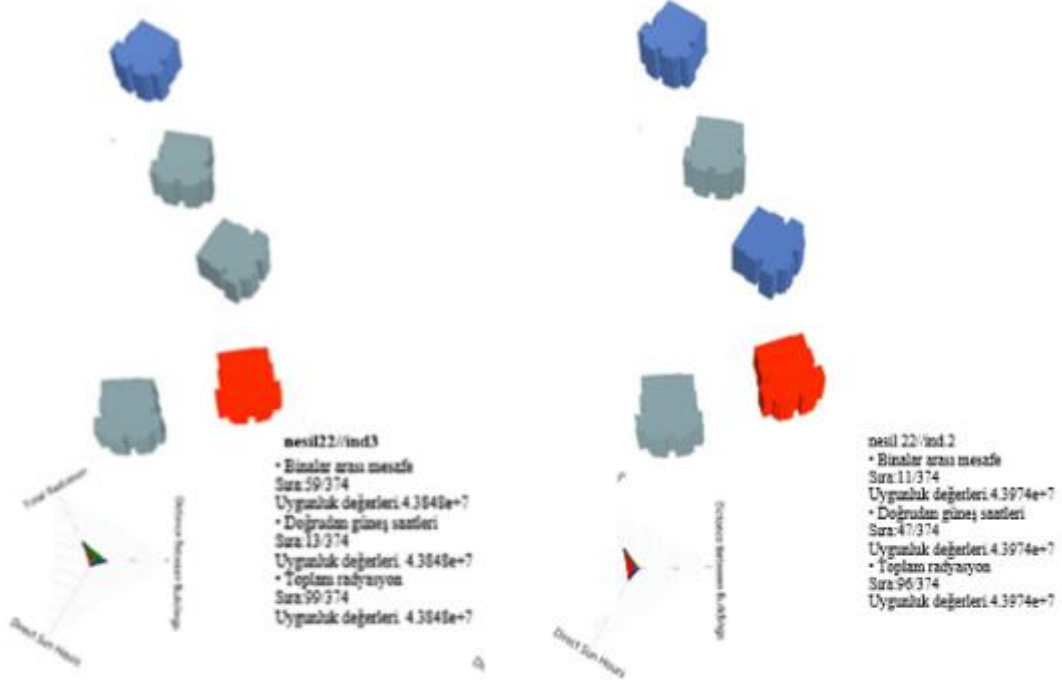
- Cevap için son kararın verilir.

1. G22.Yirmi ikinci nesil(generation/solution)

En iyi yanıtlar G:22., G:23 ve 24:G bölgelerinde elde edilmiştir. Öncelikle G:22 arasından G22;2 ve G22;3 olmak üzere iki yanıt seçilerek ön analizler yapılmış ve karşılaştırılmıştır.

(Tablo 38)'e göre tüm blokların alanı eşit olduğundan bloklar arası mesafe kontrol edilmiştir. ve G22'de D ile E arasındaki mesafenin daha büyük olduğu dikkate alınarak G22;3 cevabı silinmektedir.

1. G22.Yirmi ikinci nesil(generation/solution)



Şekil 36. G22;2 ve G22;3'ün karşılaştırılması

Tablo 35. Üstün seçim için genomların taranması (G22;2,G22,3)

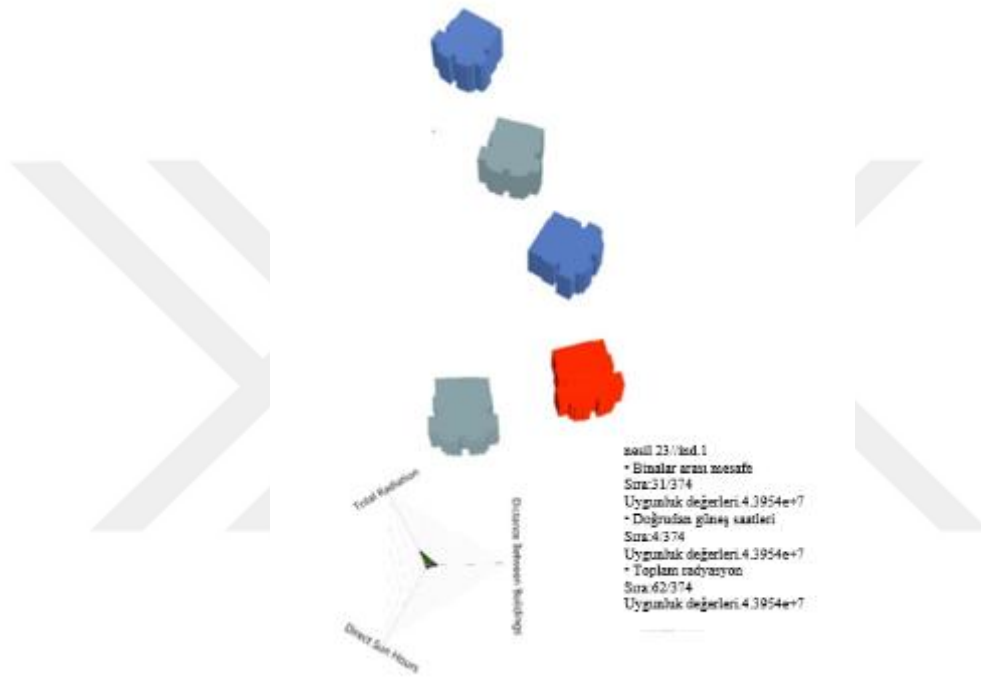
S	GEN		ArA	ArB	ArC	ArD	ArE
1		ilk koşul	eşittirler	eşittirler	eşittirler	eşittirler	eşittirler
		İkinci koşul	A ₁ B	B ₁ C	C ₁ D	D ₁ E	
1	G22;2		141.069394	119.01692	129.752972	115.417876	
2	G22;3		141.069394	119.01692	131.155881	114.545858	
		Üçüncü koşul	AG _A	AG _B	AG _C	AG _D	AG _E
1	G22;2						
2	G22;3						

2. G22;2 ve G23;1'ün karşılaştırılması(generation/solution)

G23;1 kuşağının en iyi ve tek cevabının G23 olduğu dikkate alınarak G22;2 kuşağının en iyi yanıtı olan kuşağı ile karşılaştırılıp kontrol edilmiştir.

(Tablo 28)'e göre tüm blokların alanı eşit olduğundan bloklar arası mesafe kontrol edilmiştir ve G23'de D ile C arasındaki mesafenin daha büyük olduğu dikkate alınarak G22;1 cevabı silinmektedir.

2. G22;2 ve G23;1'ün karşılaştırılması(generation/solution)



Şekil 37. G22;2 ve G23;1'ün karşılaştırılması

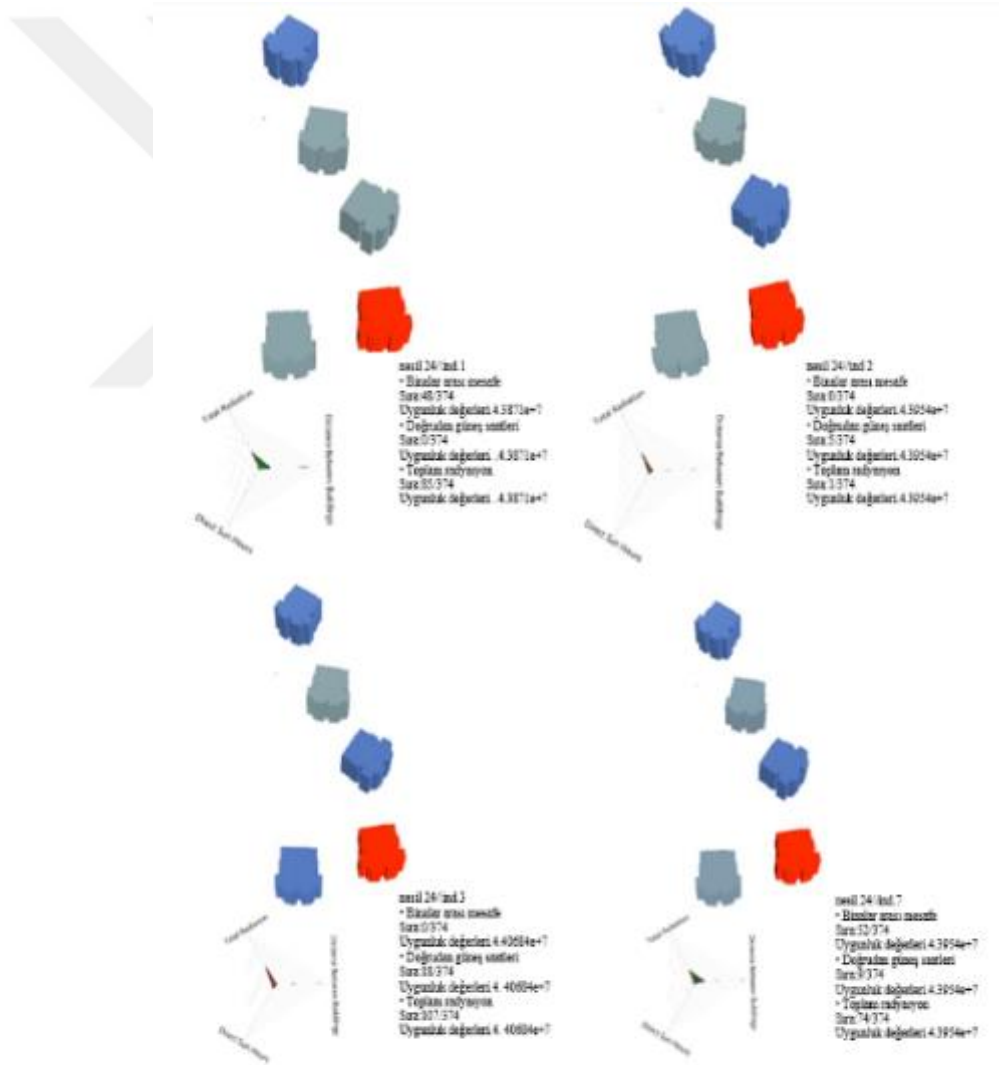
Tablo 36. Üstün seçim için genomların taranması (G22;2, G23;1)

S	GEN		ArA	ArB	ArC	ArD	ArE
1		ilk koşul	eşittirler	eşittirler	eşittirler	eşittirler	eşittirler
		İkinci koşul	AlB	BlC	ClD	DlE	
1	G22;2		141.069394	119.01692	129.752972	115.417876	
2	G23;1		141.069394	119.01692	131.155881	115.417876	
		Üçüncü koşul	AGa	AGb	AGc	AGd	AGe
1	G22;2						
2	G23;1						

3. Yirmi dördüncü nesil G24;1/G24;2/G24;3/G24;7/(generation/solution)

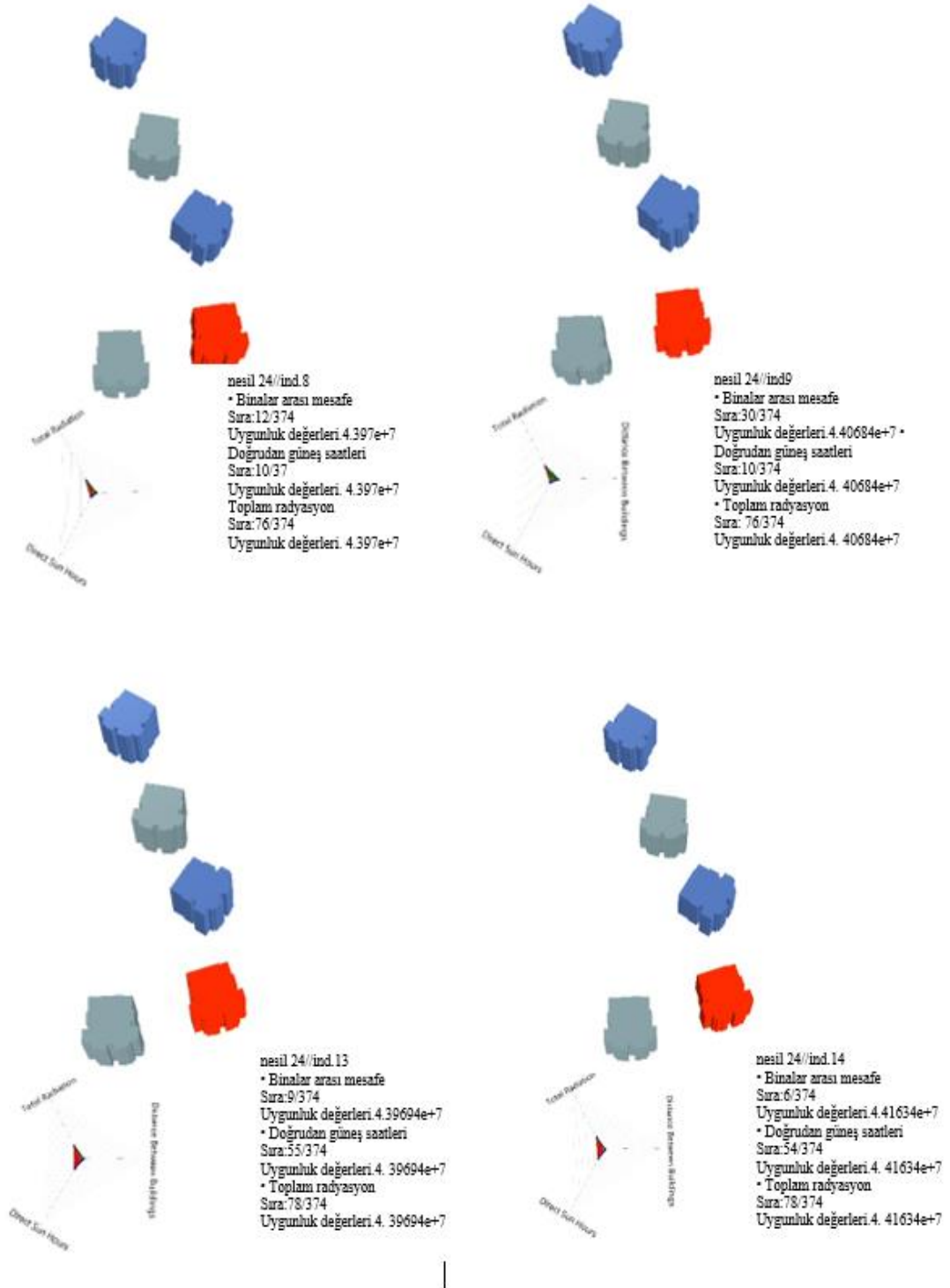
24. neslin(generation) karşılaştırması Tablo 37'ye göre yapılmıştır. Seçimin üç aşamada gerçekleştiğini dikkate alırsak, en büyük alan olan ilk aşamada 24.nesil gelen tüm cevaplarda eşit, bir sonraki aşama olan bloklar arası mesafelerde de eşitler.

Üçüncü adımda, dönüş miktarına göre G24;7 kaldırılır ve G24;14 ve G24;3 aynı davranışa sahipmiştir, bu da daha fazla araştırma için uygunluk değerleri grafiği (fitness values graph) başvurulmaktadır. Grafiğe göre G24;3'ün optimal puanı diğerlerine göre daha düşük olduğu için silinmektedir.. G24;14,G24;3 arasındaki değerler aynı olduğundan dolayı G24;14,da silinmektedir.



Şekil 38. G24;1/G24;2/G24;3/G24;7'ün karşılaştırılması

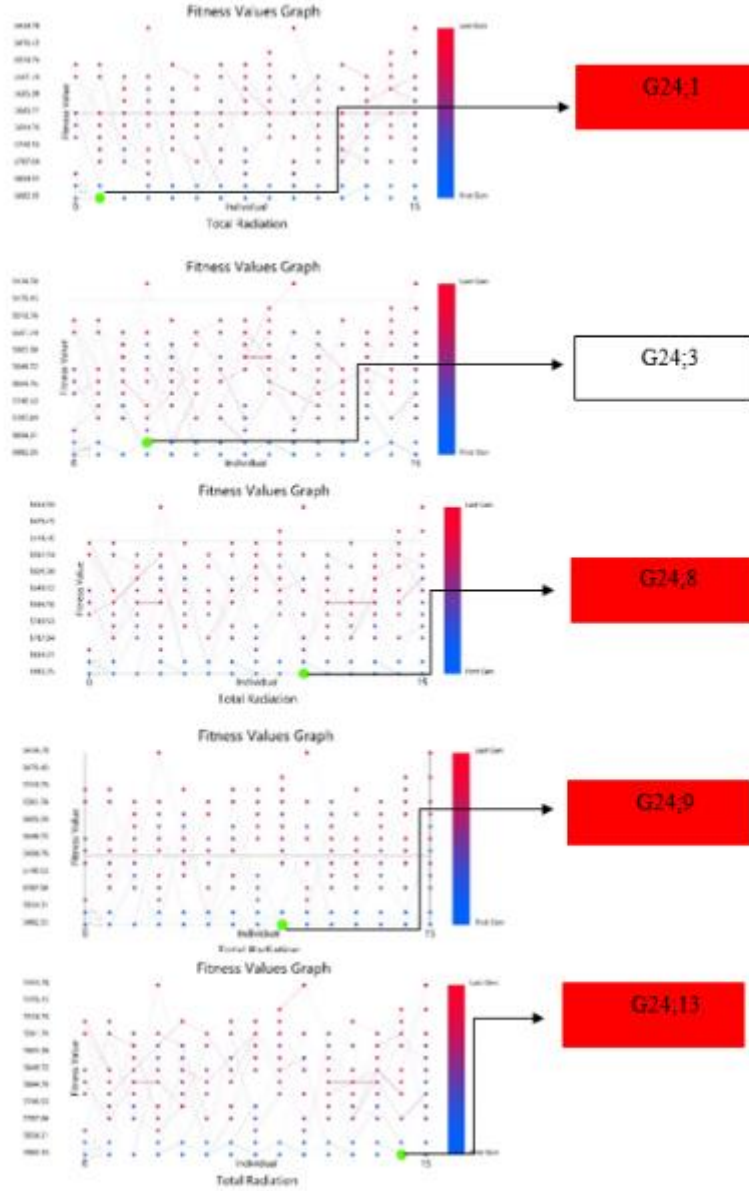
4. G24;8/G24;9/G24;13/G24;14/(generation/solution)



Şekil 39. G24;8/G24;9/G24;13/G24;14/'ün karşılaştırılması

Tablo 37. Üstün seçim için genom taraması (son adım)

S	GEN	ArA	ArB	ArC	ArD	ArE
	ilk koşul	eşittirler	eşittirler	eşittirler	eşittirler	eşittirler
	İkinci koşul	A ₁ B	B ₁ C	C ₁ D	D ₁ E	
	G24;1	eşittirler	140.230897	119.01692	131.155881	115.41787
					6	
	G24;2	eşittirler	140.230897	119.01692	131.155881	115.41787
					6	
	G24;3	eşittirler	140.230897	119.01692	131.155881	115.41787
					6	
	G24;7	eşittirler	140.230897	119.01692	131.155881	115.41787
					6	
	G24;8	eşittirler	140.230897	119.01692	131.155881	115.41787
					6	
	G24;9	eşittirler	140.230897	119.01692	131.155881	115.41787
					6	
	G24;13	eşittirler	140.230897	119.01692	131.155881	115.41787
					6	
	G24;14	eşittirler	140.230897	119.01692	131.155881	115.41787
					6	
	Üçüncü koşul	AGA	AGB	AGC	AGD	AGE
◆	G24;1	101.540366	78.818169	-67.179365	-83.105297	-118.257211
	G24;2	106.852697	97.558529	56.012745	-83.105297	-108.470094
	G24;3	118.507629	105.673068	77.122811	14.326136	-90.391246
	G24;7	-19.381731	159.970185	26.371397	-24.007283	-5.987712
	G24;8	88.637757	-71.460379	-78.311932	-75.48044	-149.39585
	G24;9	101.740956	78.818169	-67.179365	-83.105297	-118.246675
	G24;13	107.097348	97.558529	56.012745	-73.645024	-108.466335
◆	G24;14	118.767083	105.673068	77.122811	14.326136	-90.392526
◆	G23:1	88.751213	-71.460379	-78.311932	-75.48044	-149.438914



Şekil 40. Optimum noktaları kontrol etmek

Grafiğe göre G24;3'ün optimal puanı diğerlerine göre daha düşük olduğu için silinmektedir.. G24;14,G24;3 arasındaki değerler aynı olduğundan dolayı G24;14,da silinmektedir.

Karşılaştırıldığında daha az optimal dereceye sahiptir ve kaldırılması önceki adımda doğru şekilde yapılmıştır.

4.1.6. Alan Çalışmasında Kullanılan K-Means Grafiği İlişkin İrdeleme

K-Means kümeleme, makine öğrenimi veya veri bilimindeki kümeleme sorunlarını çözmek için kullanılan denetimsiz bir öğrenme algoritmasıdır.

Her kümenin bir merkezle ilişkilendirildiği merkez tabanlı bir algoritmadır. Bu algoritmanın temel amacı, veri noktaları ve bunlara karşılık gelen kümeler arasındaki mesafelerin toplamını en aza indirmektir.

K-means kümeleme algoritması temel olarak iki görevi gerçekleştirir:

Yinelemeli bir süreçle K merkez noktası veya ağırlık merkezi için en iyi değeri belirlemiştir.

Her veri noktasını en yakın k-merkezine atar. Belirli k-merkezine yakın olan veri noktaları bir küme oluşmuştur.

Dolayısıyla her kümenin bazı ortak noktalara sahip veri noktaları vardır ve diğer kümelerden uzaktır.

K-means grafiği denetimsiz öğrenme kategorisindedir. Bu nedenle ayrılabilir bir kategori sağlar. Bu şekilde seçilen kategori sayısına göre (kategori sayısı iki, iki nokta veya üç kategori üç nokta ise) sayfaya noktalar yerleştirir ve aralarına bir dik çizir ve ardından algoritma hesaplamayı yapar. Her iki tarafın ortalaması olan merkezi noktayı alır ve ardından noktaları ortalama değere taşır. Bu süreç en uygun cevaba kadar devam eder. Kodlamada rastgele giriş noktalarının seçilmesi çok önemlidir. K-means kullanılarak aşağıdaki cevap elde edilmiştir: (Tablo 38)

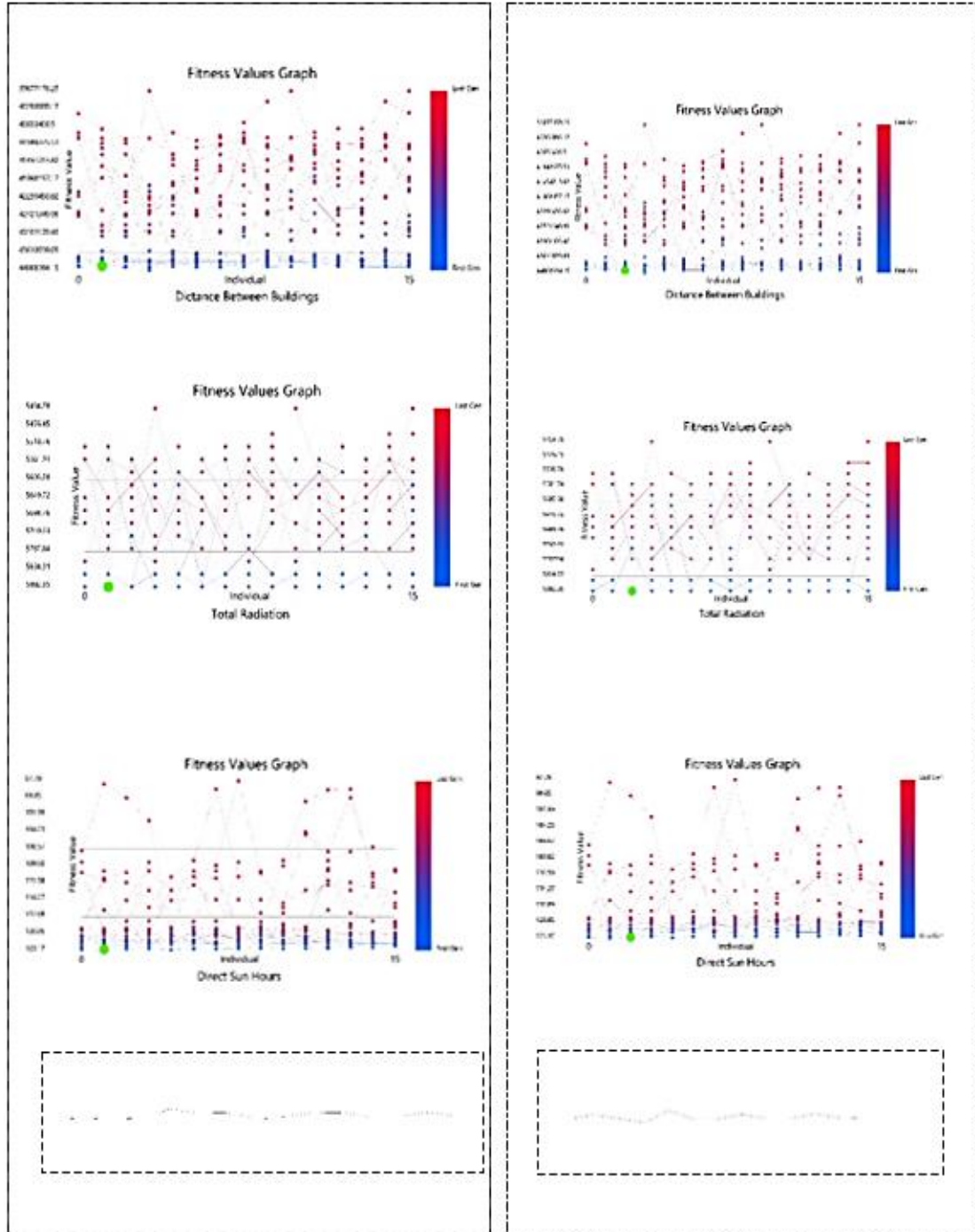
Tablo 38. K-MEANS tablosu

		İki kategori	Üç kategori
1	G24	C1:24;3 C1:23;1 C1:24;2 C2:24;1	C1:24;2 C1:23;1 C2:24;1 C3: 24;3
2	G23	C123;1 C124;2 C2: 24;1 C2:24;3	C1:24;3 C2:23;1 C2:24;2 C3: 24;1

Uygunluk grafiği kullanılarak bir karşılaştırma yapılmıştır. G24;3 kontrol edilip kaldırıldığında geriye kalan tek cevap G24;2 ve G23;1 seçmektedir.

4.2.6. En İdeal Cevapların Son Seçimi

İki nesil arasındaki uygunluk değeri (fitness values) grafiği G24:2 ile G23;1 Doğru seçimi sağlamak için G24;2'yi G23;1 ile karşılaştırmıştır.



Şekil 41. Uygunluk değeri grafiği G23;1 ve G24;2 Uygunluk değeri grafiği

Elde edilen sonuçlar tamamen aynıdır ve eşit değere sahipmiştir. Tablo 38 ‘de verilere dayalı en iyi cevaplarının seçimi verilmiştir.

Tablo 39. En iyi cevapların son seçimi

Sorunun çözümüne dayalı en iyi cevaplar						
1		G23;1	G24;1	G24;2	G24;8	G24;9
Pareto cephesiyle en iyi yanıtları karşılaştırma ve seçme						
2			G24;1	G24;2		
K-MEANS tablosuyla en iyi cevapları karşılaştırm ve seçme						
3		G23;1		G24;2		
Her üç kategoride de tekrarlanan cevap.						
4				G24;2		

Tablo 40. Nihai formun bulunmasına ilişkin bilgiler

G24;2	AG _A	AG _B	AG _C	AG _D	AG _E
	106.852697	97.558529	56.012745	-73.645024	-108.470094
	G _{CA}	G _{CB}	G _{CC}	G _{CD}	G _{CE}
	{0.8547, - 3.541743, 24.99513}	{43.888216, - 137.005487, 24.495158}	{99.601512, - 242.175406, 25.081643}	{107.538463, - 373.054528, 21.99531}	{-3.835588, - 403.227658, 24.58167}
	A _L B	B _L C	C _L D	D _L E	
	140.230897	119.01692	131.155881	115.417876	
	A _r A	A _r B	A _r C	A _r D	A _r E
	12005.734267	11729.301894	11623.572405	12347.140032	10412.113425

Tablo 41. Nihai formun renk matrisi(G24;2)

		a<0				0<a<5				5<a<15				15<a<25				25<a<32			
		K	G	B	D	K	G	B	D	k	G	B	D	K	G	B	D	K	G	B	D
1	Blok A																				
2	Blok B																				
3	Blok C																				
4	Blok D																				
5	Blok E																				
		1. alınan enerji+1(En çok alıcı) 2. alınan enerji+2 3. alınan enerji+3 4. alınan enerji+4 5. Zayıf alınan enerji																			

Renk matrisi, hemen hemen tüm blokların batı ve güney cephelerden eskisine göre daha fazla ışık aldığını, doğu cephesinin güneş enerjisi almada çok daha başarılı olduğunu, kuzey cephenin ise tasarım geometrisi nedeniyle en zayıf olduğunu göstermiştir. Bu da binanın eskisinden daha iyi yönlendirilmesi anlamına gelmektedir.

D Blok eskisinden çok daha iyi güneş ışığı alıyor ve bu da maliyetler açısından oldukça ideal görünüyor.

Elbette bu sonucun amacı sadece her projede ve yapı taşlarının ilk tasarımında çok önemli olan yapı taşlarının dönüşü ve yönü ile ilgilidir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüz dünyasının mimarisi, yenilikçi ve yaratıcı formlara ulaşmanın mimarların ve tasarımcıların ilgi alanlarından biri olduğu dijital çağda yeni bir aşamaya girmiştir; ancak bu arada iklim ve form arasındaki ilişki gibi önemli parametrelere dikkat edilmesi ve uygulanması da gerekmektedir.

Optimizasyon kavramları genellikle insan aklının gücünün ötesinde olan ve dijital araçların kullanımını gerektiren çok sayıda parametre ve üstel hesaplamalarla ilişkilidir. Mimarideki optimizasyon kavramları etkileşimli algoritmalar kullanarak sorunu çözmeye çalışmıştır. Aslında algoritmalar, binanın fiziksel davranışını etkileyen parametreleri sürekli bir analiz süreci yoluyla etkilemeye ve geri bildirim döngülerinde tasarımı değiştirmeye çalışmaktadır.

Tasarım sürecinde ilk adım, genellikle tamamen rastgele seçilen tasarımın permütasyonu veya merkezidir. Bir sonraki adım ise maalesef ihmal edilen hacim ve yönelim arasındaki ilişkidir. Bu araştırma yukarıdaki durumlara bir çözüm veya yöntem bulmak amacıyla yapılmıştır.

Günümüzde iklim ve mimarlık ile ilgili kavramlar dikkate alınmamıştır .Bu araştırma, optimizasyon kavramlarında iklime dikkat etmenin oldukça hassas olduğunu ve iklim hesaplamaları olmadan mümkün olamayacağını göstermektedir.

Form bulma kavramlarında ilk ve en önemli nokta binanın merkezini veya binanın bir sitedeki konumunu bulmaktır ve binanın başlangıç noktası belirlendikten sonra binanın yönü çok önemlidir. Buna göre binanın merkezi için coğrafi noktanın belirlenmesi çalışmanın kriteri olmuş, diğer taraftan binanın dönme derecesi ve doğru yönelimi hesaplaması tasarımcının hesaplama gücünün ötesindedir. Çözüme algoritmik zeka kullanılarak ulaşılabileceği kabul edilmiştir.

Bu hedeflere ulaşmak için söz konusu projenin iklim çalışması yapıldıktan sonra binanın dönüşü ile alınan enerji arasında doğrudan bir ilişki olduğunu gösteren bir çalışması yapılması, binanın iklim çalışması yapılması ve güneş enerjisi hesaplaması yapılması gerekmektedir.

Bu çalışma, bölgeye dağılmış bir grup binayı temel alan bina performans optimizasyonunun zaman alıcı, sıkıcı ve karmaşık hesaplamaları için hızlı, doğru ve entegre bir çözüm olan yeni bir yöntem sunmaktadır. Bu çerçevede üç ana adımda uygulanır:

- 1) Simülasyon -Tahmin
- 2) Optimizasyon
- 3) Değerlendirme

Mimari tasarımı optimize etmek için Grasshopper çekirdek yazılımı ve Python programlama dili kullanılarak seçim yapılmıştır.

Uygulanan projede tüm binaların aynı şekli takip ettiği ve binaların rotasyonunun batıya doğru olduğu görülmektedir. Söz konusu projeye ilişkin yapılan incelemelerde formdaki sorunlardan biri olan ve çalışılan ortamın iklimine uygun olmayan "bina yüzeylerinde girintiler" olduğu gözlemlenmiştir.

Genellikle yapı taşlarının üçgen veya çokgen konumlarda düzenlenmesi, çokgenin merkezine ve çokgenin köşelerine göre kolaylıkla mümkündür. Ancak belirli bir şekle sahip olmayan sitelerde bu zordur, bu araştırma düzensiz sitelerde istenilen algoritmayı sunmuştur.

Bu çalışmada önerilen algoritma, yürütülen yapı bloklarıyla karşılaştırılarak permütasyonu ve istenilen yönü göstermektedir.

Oluşturulan optimizasyon modelinde D ve E blokları arasındaki mesafenin A ve C blokları arasındaki mesafeden büyük olması ve D bloğunun duvarlarının alınan enerji açısından zayıf olması oldukça mantıklıdır. Ancak mimar çeşitli nedenlerle (yüksek maliyetlerden bağımsız olarak) bu yakın mesafeyi tercih ederse, E ve D blokların ara bağlantıyla iki ayrı blok olarak tasarlanması hem hava sirkülasyonunu iyileştirmektedir hem de nemi azaltmaktadır

Algoritmik istihbaratın sunduğu model, D, E ve B bloktaki binaların doğuya, A ve C bloktaki binaların ise batıya doğru olması gerektiğini öne sürdü. Bu dönüş hava akışını artırır ve dolayısıyla ortamın konforunu artırır. Aynı zamanda bu yöntemle binaların yükseklikleri hesaplanabildiği gibi bloklardaki yükseklik düzenlemeleri de mimarların görüşüne göre değiştirilmektedir..

Bu algoritmanın bir sonraki adımında; Binanın uzunluğu ve genişliği, rüzgar akışının nasıl kullanılacağı, açıklık miktarı vb. Bu ancak parametrelerin değiştirilmesiyle mümkündür. Daha sonraki aşamalarda mekânsal ilişkilerin belirlenmesi amacıyla kullanılması önerilmektedir.

Algoritmik verimlilik, özel yetenekleri kullanmak için gereken hesaplama adımlarının azaltılmasına yardımcı olmuştur.

Bu çalışmadaki analiz, politika yapımcıların projelerini nasıl uygulayacakları konusunda daha iyi bir fikir edinebileceklerini göstermektedir.

Bu yöntemin kullanılması mimarlık öğrencileri için çok faydalı olabilir çünkü mimarlıktaki temel kavramları en baştan öğrenirler ve bir sitedeki konum ve yönelimin önemini anlamaktadır. Bu araştırma, mimarlık okullarında optimizasyon eğitiminin önemini kanıtlamaktadır. Dijital bilim ve optimizasyon kavramlarının ilerlemesiyle birlikte mimaride optimizasyon eğitim trendi gündemde olması gerekmektedir.

Algoritmik zeka sistemlerinin teknik özellikleri ve sosyal etki açısından ölçülmesi ve değerlendirilmesi dikkate alınarak mimari projelere yönelik yeni politikalar geliştirilmektedir. Herhangi bir ölçüm girişimi önemli politika konularına ışık tutamıştır. Yapay zeka analizleri, verilerden elde edilen sonuçların kısa ve uzun vadede tüketicilere ve çevreye fayda sağlayacağını göstermektedir.



KAYNAKLAR

- A. Rolvink, C. M. (2014). "State on the Art of Computational Tools for Conceptual Structural Design". *International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium*. Brasilia: researchgate. <https://www.researchgate.net/publication/316093012> adresinden alındı
- Abelson, R. P. (1997). A retrospective on the significance test ban of 1999 (If there were no significance tests, they would be invented). L. L. Harlow, S. A. Mulaik, & J. H. Steiger (Dü) içinde, *What if there were no significance tests?* (s. 117-141). New Jersey, Mahwah: Erlbaum.
- Alam, L. T. (2008). *Multi-Objective Optimization in Computational Intelligence: Theory and Practice*. (K. K. Snaveley, Dü.) New York: Information science reference. doi:10.4018/978-1-59904-498-9
- Alexander, C. (1979). *"The Timeless Way of Building"(Part of: Center for Environmental Structure (8 books))* (1 ed.). New York: Oxford University.
- Alexander, C. (2002). *The Nature of Order: An Essay on the Art of Building and the Nature of the Universe, Book 1 - The Phenomenon of Life (Center for Environmental Structure, Vol. 9 (Cilt 9))*. Center for Environmental Structure.
- Altın Yavuz, A. (2021). İlerleyen Sansürlü Örneklemelere Dayalı Olarak Weibull Dağılımının Şekil Parametresinin Sağlam Tahmin Edicileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 410-418.
- Anderson, T. (1962). On the distribution of the two-sample Cramer-von Mises criterion. *The Annals of Mathematical Statistics*, 33(3), 1148-1159.
- Anderson, T., & Darling, D. (1952). Asymptotic theory of certain goodness of fit criteria based on stochastic processes. *The Annals of Mathematical Statistics*, 23(2), 193-212.
- Anderson, T., & Darling, D. (1954). A test of goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 49(268), 765-769.
- Andreasen, M. M. (2007). Design Methodology. *Engineering Design*, 321-337. <https://doi.org/10.1080/09544829108901689> adresinden alındı
- Angus, J. (1994). The probability integral transform and related results. *SIAM review*, 36(4), 652-654.
- Arizono, I., & Ohta, H. (1989). A test for normality based on Kullback—Leibler information. *The American Statistician*, 43(1), 20-22.

- Arshad, M., Rasool, M., & Ahmad, M. (2003). Anderson Darling and modified Anderson Darling tests for generalized Pareto distribution. *Pakistan Journal of Applied Sciences*, 3(2), 85-88.
- Arthur, W. (2006, April 11). D'Arcy Thompson and the theory of transformations. *nature reviews genetics*, 401-406.
- Babak Alemi, M. M. (2022). Evaluating the Components Constituting Form and their Effects on Form Features to Achieve a Desirable Architectural Form; Case Study: Cultural Heritage Organization Building. *Armanshahr Architecture and Urbanization*, 15(40), 127-145. doi:10.22034/AAUD.2021.272595.2420
- Bain, L., & Engelhardt, M. (1987). *Introduction to probability and mathematical statistics*. Brooks/Cole.
- Balakrishnan, N., & Nevzorov, V. (2004). *A primer on statistical distributions*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Balakrishnan, N., Voinov, V., & Nikulin, M. (2013). *Chi-squared goodness of fit tests with applications*. United States of America: Elsevier.
- Baringhaus, L., & Henze, N. (1988). A consistent test for multivariate normality based on the empirical characteristic function. *Metrika*, 35(1), 339-348.
- Batsidis, A., Economou, P., & Bar-Lev, S. (2022). A Comparative Study of Goodness-of-Fit Tests for the Laplace Distribution. *Austrian Journal of Statistics*, 51(2), 91-123.
- Bayoud, H. (2021). Tests of normality: new test and comparative study. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 78(1), 1-22.
- Becattini, Y. B. (2012). Model and algorithm for computer-aided inventive problem analysis. *Computer-Aided Design*, 44(10), 961-986. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2011.02.013> adresinden alındı
- Benjamin Aranda, C. L. (2006). *Tooling* (1 b.). CAAD. doi:<https://doi.org/10.1007/1-56898-661-0>
- Bera, A., & Jarque, C. (1981). Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals: Monte Carlo evidence. *Economics Letters*, 7(4), 313-318.
- Bonett, D., & Seier, E. (2002). A test of normality with high uniform power. *Computational Statistics & Data Analysis*, 40(3), 435-445.
- Bontemps, C., & Meddahi, N. (2005). Testing normality: a GMM approach. *Journal of Econometrics*, 124(1), 149-186.
- Bryan Lawson, K. D. (2009). *Design Expertise* (1 b.). LONDON: taylor & francis.
- Brys, G., Hubert, M., & Struyf, A. (2008). Goodness-of-fit tests based on a robust measure of skewness. *Computational statistics*, 23(3), 429-442.

- Brys, G., Hubert, M., & Struyf, A. (2008). Goodness-of-fit tests based on a robust measure of skewness. *Computational Statistics*, 23(3), 429-442.
- Buelow, P. v. (2012, December 1). "ParaGen: Performative Exploration of generative systems,". *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, 53, no. 4, 271-284.
- Cabaña, A., & Cabaña, E. (2003). Tests of normality based on transformed empirical processes. *Methodology and Computing in Applied Probability*, 5(3), 309-335.
- Cecilia Zanni-Merk, D. C. (2009). An ontological basis for computer aided innovation. *Computers in Industry*, 60(8), 563-574. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.05.012> adresinden alındı
- Cen  ek Jarsk  y, M. P. (2022, May). On Use of Construction Technology Designs for Expert Opinions. *Sustainability*, 14(9). doi:10.3390/su14095672
- Chaichatschwal, R., & Budsaba, K. (2007). A power comparison of goodness-of-fit tests for normality based on the likelihood ratio and the non-likelihood ratio. *Thailand Statistician*, 5(2007), 57-68.
- Chen, L., & Shapiro, S. (1995). An alernative test for normality based on normalized spacings. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 53(3-4), 269-287.
- Chin-Sen Lin, L.-S. C.-C. (2011). An innovative approach for RFID product functions development. *Expert Systems with Applications*, 38(12), 15523-15533. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.007> adresinden alındı
- Choulier, A.-J. F. (2015). Developing multiagent systems for design activity analysis. *Computer-Aided Design*, 59, 201-213. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2014.10.007> adresinden alındı
- Cochran, W. (1952). The χ^2 test of goodness of fit. *The Annals of Mathematical Statistics*, 23(3), 315-345.
- Coello Coello, G. B. (2007). *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems*. Springer.
- Coin, D. (2008). A goodness-of-fit test for normality based on polynomial regression. *Computational Statistics & Data Analysis*, 52(4), 2185-2198.
- Costello, A. (Hazırlayan). (2001). *Exhibitions include: 'Making*. London.
- Cox, D. (1961). Tests of separate families of hypotheses. J. Neyman (D .), *Proceedings of the fourth Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*. içinde 1, s. 105-123. University of California Press.
- Cox, D. (1962). Further results on tests of separate families of hypotheses. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 24(2), 406-424.

- Cramér, H. (1928). On the composition of elementary errors. *Scandinavian Actuarial Journal*, 1928(1), 13-74. doi:10.1080/03461238.1928.10416862
- Cross, K. D. (2001). "Creativity in the Design Process: co-evolution of problem-solution,". *Design Studies*, 22(5), 425–437. doi:10.1016/S0142-694X(01)00009-6
- Cross, N. (1993). A History of Design Methodology. N. C. M. J. Vries (Dü.) içinde, *Design Methodology and Relationships with Science* (Cilt 71, s. 15-27). SPRINGER. doi:978-94-015-8220-9_2
- Cross, N. (1993). A History of Design Methodology. N. C. M. J. Vries (Dü.) içinde, *Design Methodology and Relationships with Science* (Cilt 71, s. 15-27). SPRINGER. doi:978-94-015-8220-9_2
- Crzcgorzewski, P., & Wirczorkowski, R. (1999). Entropy-based goodness-of-fit test for exponentiality. *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 28(5), 1183-1202.
- D. A. Schon. (1988, July). "Designing rules, types and worlds,". *Design Studies*, 9(3), 181-190. [https://doi.org/10.1016/0142-694X\(88\)90047-6](https://doi.org/10.1016/0142-694X(88)90047-6) adresinden alındı
- D. J. Gerber, E. P. (2017). "A multi-agent approach for performance basedarchitecture: Design exploring geometry, user, and environmental agencies in façades,". *Automation in Construction*, 76, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.001> adresinden alındı
- D. Yang, D. D. (2020, October). Sun, "Dynamic and interactive reformulation of multi-objective optimization problems for conceptual architectural design exploration,". *Automation in Construction*, 118(1), 103251. doi:10.1016/j.autcon.2020.103251
- D'Agostino, R., & Stephens, M. (1986). *Goodness-of-Fit Techniques*. Marcel Dekker Inc., New York.
- D'Agostino, R. B. (1971). An omnibus test of normality for moderate and large size samples. *Biometrika*, 58(2), 341-348.
- D'agostino, R., & Pearson, E. (1973). Tests for departure from normality. Empirical results for the distributions of b^2 and $\sqrt{b}$. *Biometrika*, 60(3), 613-622.
- Darrell Mann, C. Ó. (2011). *40 Inventive (Architecture) Principles With Examples*.
- Deb, K. (2001). *Multiobjective Optimization Using Evolutionary Algorithms*. Wiley, New York. Jhon Wiley and Sons Ltd. <https://www.wiley.com/en-us/Multi+Objective+Optimization+using+Evolutionary+Algorithms-p-9780471873396> adresinden alındı
- Deb, K. (2008). Introduction to Evolutionary Multiobjective Optimization. K. D. J. Branke içinde, *Multiobjective Optimization* (s. 59-96). Verlag Berlin Heidelberg: Springer.

- Dekking, F., Kraaikamp, C., Lopuhaä, H., & Meester, L. (2005). *A Modern Introduction to Probability and Statistics: Understanding why and how* (Cilt 488). Delft, Netherlands: Springer.
- del Barrio, E., Cuesta-Albertos, J. A., Matrán, C., & Rodríguez-Rodríguez, J. M. (1999). Tests of goodness of fit based on the L2-Wasserstein distance. *Annals of Statistics*, 27(4), 1230-1239.
- Dino, İ. G. (2012). "Creative design exploration by parametric generative systems in architecture". *Metu Journal of the Faculty of architecture*, 207-224.
- Domanski, C., & Szczepocki, P. (2020). Comparison of selected tests for univariate normality based on measures of moments. *Statistics in Transition New Series*, 21(5), 151-179.
- Dong, L., & Giles, D. (2007). An empirical likelihood ratio test for normality. *Communications in Statistics—Simulation and Computation*, 36(1), 197-215.
- Doornik, J., & Hansen, H. (2008). An omnibus test for univariate and multivariate normality. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 70(1), 927-939.
- Dudewicz, E. J., van der Meulen, E. C., SriRam, M. G., & Teoh, N. K. (1995). Entropy-based random number evaluation. *American Journal of Mathematical and Management Sciences*, 15(1-2), 115-153.
- Echenagucia, T. M. (2012). *Computational Search in Architectural Design*. Turin: Politecnico di Torino university.
- Epps, T. (2005). Tests for location-scale families based on the empirical characteristic function. *Metrika*, 62(1), 99-114.
- Epps, T., & Pulley, L. (1983). A test for normality based on the empirical characteristic function. *Biometrika*, 70(3), 723-726.
- Epps, T., Singleton, K., & Pulley, L. (1982). A test of separate families of distributions based on the empirical moment generating function. *Biometrika*, 69(2), 391-399.
- Ersan, E., & Mersin, S. (2023). Kaynakça Nasıl Yazılır. *Fen Bilimleri Tez Dergisi*, 12(5), s. 123-135.
- Esteban, M. D., Marhuenda, Y., Morales, D., & Sanchez, A. (2007). New goodness-of-fit tests based on sample quantiles. *Communications in Statistics—Simulation and Computation*, 36(3), 631-642.
- Esteban, M., Castellanos, M., Morales, D., & Vajda, I. (2001). Monte Carlo comparison of four normality tests using different entropy estimates. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 30(4), 761-785.
- Evren, A., & Tuna, E. (2012). On some properties of goodness of fit measures based on statistical entropy. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 13(1), 192-205.

- Fan, J. (1996). Test of significance based on wavelet thresholding and Neyman's truncation. *Journal of the American Statistical Association*, 91(434), 674-688.
- Fan, Y. (1997). Goodness-of-fit tests for a multivariate distribution by the empirical characteristic function. *Journal of Multivariate Analysis*, 62(1), 36-63.
- Fan, Y. (1998). Goodness-of-fit tests based on kernel density estimators with fixed smoothing parameters. *Econometric Theory*, 14(5), 604-621.
- Fasoulaki, E. (2007). *Genetic Algorithms in Architecture: a Necessity or a Trend?*(Master of Science in Architecture, Computation Group Department of Architecture). Massachusetts Institute of Technology.
- Filliben, J. (1975). The probability plot correlation coefficient test for normality. *Technometrics*, 17(1), 111-117.
- Forbes, C., Evans, M., Hastings, N., & Peacock, B. (2011). *Statistical distributions* (Fourth Edition b.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Fortiana, J., & Grané, A. (2003). Goodness-of-fit tests based on maximum correlations and their orthogonal decompositions. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 65(1), 115-126.
- Freeman, M., & Tukey, J. (1950). Transformations related to the angular and the square root. *The Annals of Mathematical Statistics*, 21(4), 607-611.
- Freitas, A. A. (2002). *Data Mining and Knowledge Discovery with Evolutionary Algorithms*. Berlin, Heidelberg: Springer. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-662-04923-5>
- Frosini, B. V. (1987). On the distribution and power of a goodness-of-fit statistic with parametric and nonparametric applications. P. Revesz, K. Sarkadi, & P. K. Sen (Dü) içinde, *Goodness-of-fit* (s. 133-154). Amsterdam: North Holland Publishing Company.
- Gel, Y., & Gastwirth, J. (2008). A robust modification of the Jarque-Bera test of normality. *Economics Letters*, 99(1), 30-32.
- Glen, A., Leemis, L., & Barr, D. (2001). Order statistics in goodness-of-fit testing. *IEEE Transactions on Reliability*, 50(2), 209-213.
- Gokhale, D. (1983). On entropy-based goodness-of-fit tests. *Computational Statistics & Data Analysis*, 1, 157-165.
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley Professional.
- Gow, D. E. (2002). *Exhibition Design*. Smart Studio/Interactive Institute.
- Grané, A. (2012). Exact goodness-of-fit tests for censored data. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 64(6), 1187-1203.

- H Baker, J. (2017). *Le Corbusier - an Analysis of Form*. (3, Dü.) LONDON: Taylor & Francis.
- Hegazy, Y., & Green, J. (1975). Some New Goodness-Of-Fit Tests Using Order Statistics. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 24(3), 299-308.
- Heidegger, M. (1954). *Bauen Wohnen Denken*. kopenhath: neske pfullingen.
- Heyde, C. (1975). A supplement to the strong law of large numbers. *Journal of Applied Probability*, 12(1), 173-175.
- Hons, A. T. (2018). Architectural Technology. Newcastle City Campus, Ellison Building, School of the Built and Natural Environment.
- Hosking, J. (1990). L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 52(1), 105-124.
- Hosna Sadat Shams Dolatabadi, N. M. (2018). *Principles of Open School Design Based on Emotional Intelligence Model and Enhancing Learning*. Iranian Journal of Learning and Memory. doi:10.22034/IEPA.2018.77430
- Hubbard, R., & Lindsay, R. (2008). Why P values are not a useful measure of evidence in statistical significance testing. *Theory & Psychology*, 18(1), 69-88.
- Hüsig, S. K. (2009). Computer aided innovation—State of the art from a new product development perspective. *Computers in Industry*, 60(8), 551-562. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.05.011> adresinden alındı
- Iwamoto&Scott Architecture with process, I. A. (2005-2006). Jellyfish House, Treasure Island, San Francisco model. <https://www.sfmoma.org/artwork/2010.180.1.A-B> adresinden alındı
- Jarque, C., & Bera, A. (1980). Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics letters*, 6(3), 255-259.
- Johnson, N. L., Kotz, S., & Balakrishnan, N. (2019). Genesis. N. Balakrishnan, & A. P. Basu (Dü) içinde, *Exponential Distribution: Theory, Methods and Applications* (s. 1-4). New York: Taylor & Francis Group.
- Johnson, N., Kotz, S., & Balakrishnan, N. (1995). *Continuous univariate distributions, volume 2* (Second Edition b., Cilt 289). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Juergen Branke, K. D. (2008). *Multiobjective Optimization, Interactive and Evolutionary Approaches*. (J. H. Gerhard Goos, Dü.) Germany: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-88908-3> adresinden alındı
- K. Sastry, D. G. (2005). "Genetic Algorithm," in Search Methodologies: introductory Tutorials in Optimization and Decision Support Technique. Boston: Springer. doi:10.1007/0-387-28356-0

- Kai Cao, B. H. (2012). Sustainable land use optimization using Boundary-based Fast Genetic Algorithm. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36(3), 257-269. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2011.08.001
- Khinchin, A. I. (1957). *Mathematical foundations of information theory*. (R. A. Silverman, & M. D. Friedman, Çev.) New York: Dover Publication Inc.
- Khodadadi, A. (2019). Programmatic Design Methods in Architecture (GA+TRIZ Solution Search Method). *Dissertations and Theses (Ph.D. and Master's)* .
- Khodadadi, P. V. (2019). Design exploration by using a genetic algorithm and the Theory of Inventive Problem Solving. *Automation in Construction*, 141(1). doi:10.1016/j.autcon.2022.104354
- Kobayashi, H., Mark, B., & Turin, W. (2012). *Probability, random processes, and statistical analysis*. New York, USA: Cambridge University Press.
- Kolarevic, B. (August 6 /2005). *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. (1, Dü.) Pennsylvania: Taylor & Francis.
- Kolmogorov, A. (1933). *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung*. Berlin: Julius Springer.
- Kuiper, N. (1960). Tests concerning random points on a circle. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen: Series A*, 63, s. 38-47.
- Kullback, S., & Leibler, R. (1951). On information and sufficiency. *The Annals of Mathematical Statistics*, 22(1), 79-86.
- L. Ball, J. E. (1994,online: 31 May 2007). "Cognitive Processes in Engineering Design: A Longitudinal Study. *Ergonomics*, 37(11), 1753-1786. <https://doi.org/10.1080/00140139408964950> adresinden alındı
- Laio, F. (2004). Cramer-von Mises and Anderson-Darling goodness of fit tests for extreme value distributions with unknown parameters. *Water Resources Research*, 40(9).
- Lars Junghans, N. B. (2016). Influence of the uncertainties of occupant behavior on computer-based optimization processes. *Energy and Buildings*, 116, 478-497. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.01.024> adresinden alındı
- Lars Junghans, N. D. (2015). "Hybrid single objective genetic algorithm coupled with the simulated annealing optimization method for building optimization," *Energy and Buildings*. *Energy and Buildings*, 86, 651-662. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.039> adresinden alındı
- lattice-archipelogs. (2002). (<https://www.servo-la.com/index.php?/projects/lattice-archipelogs/>) adresinden alındı
- Lawson's, B. (2005). *How Designers Think: Demystifying the Design Process*. (4th, Dü.) Taylor and Francis.

- Ledwina, T. (1994). Data-driven version of Neyman's smooth test of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 89(427), 1000-1005.
- Li Li/a b, .. (2012). The optimization of architectural shape based on Genetic Algorithm. *Frontiers of Architectural Research*, 1(4), 392-399. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.07.005> adresinden alındı
- Lilliefors, H. (1967). On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown. *Journal of the American Statistical Association*, 62(318), 399-402.
- Lionel Dupuy, J. M. (2008). A System for Modelling Cell-cell Interactions during Plant Morphogenesis, *Annals of Botany*. *Annals of Botany*, 101(8), 1255-1265. <https://academic.oup.com/aob/article-abstract/101/8/1255/160780> adresinden alındı
- Liu Y. C., T. B. (July 2003). "Towards an 'ideal' approach for concept generation,". *Design Studies*, 24, 341-355. [https://doi.org/10.1016/S0142-694X\(03\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S0142-694X(03)00003-6) adresinden alındı
- Longfan, L. Y. (2020). A new function-based patent knowledge retrieval tool for conceptual design of innovative products. *Computers in Industry*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103154> adresinden alındı
- M Proffitt, J. S. (1993). *Oxford English Dictionary*. Oxford University.
- M. Turrin, P. v. (2011). "Design Explorations of Performance Driven Geometry in Architectural Design Using Parametric Modeling and Genetic Algorithms,". *Advanced Engineering Informatics*, 25, 656-675. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2011.07.009> adresinden alındı
- Mansoor, N. M. (2017). Innovating problem solving for sustainable green roofs. *Ecological Engineering*, 99, 209-221. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.036> adresinden alındı
- Mansour, M. M. (2020). A simulation-optimization approach for optimal design of dewatering systems in unconfined strata. *AEJ - Alexandria Engineering Journal*, 59(2), 839-850. doi:10.1016/j.aej.2020.02.029
- Mardia, K. V. (1972). *Statistics of Directional Data*. London, England: Academic Press.
- Marques de Sá, J. (2007). *Applied statistics using SPSS, statistica, Matlab and R*. USA: Springer Company.
- Massey Jr, F. J. (1951). The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 46(253), 68-78.
- Matsui, M., & Takemura, A. (2005). Empirical characteristic function approach to goodness-of-fit tests for the Cauchy distribution with parameters estimated by MLE or EISE. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 57(1), 183-199.

- Mendes, M., & Pala, A. (2003). Type I error rate and power of three normality tests. *Pakistan Journal of Information and Technology*, 2(2), 135-139.
- N. Leon-Rovira, H. A. (2009). Development of an engine crankshaft in a framework of computer-aided innovation. *Computers in Industry*, 604-612.
- Nakas, C. (2007). Performance of the One-Sample Goodness-of-Fit P-P-Plot Length Test. *Communications in Statistics—Simulation and Computation*, 36(5), 1053-1059.
- Neufeldt, D. B. (1991). *Webster's New World dictionary of American English*. Webster's New World, Prentice Hall.
- Newton, D. (2018). "Accommodating change and open-ended search in design optimization: dynamic nteractive multi-objective evolutionary algorithms for architectural," in Proceedings of 23rd International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia. *Caadria*.
- Newton, D. (2018). Designing-in performance: A framework for evolutionary energy performance feedback in early stage design, Automation in Construction,. *International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia* (s. 59-73). CAADRIA. https://www.computationalarchitecturelab.org/publications/adresinden_alindi
- Neyman, J. (1949). Contribution to the theory of χ^2 test. J. Neyman (Dü.), *Proceedings of the First Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability* içinde (s. 239-273). University of California Press.
- Noughabi, H., & Arghami, N. (2011). Monte Carlo comparison of seven normality tests. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 81(8), 965-972.
- Onyper, S., Thacher, P., Gilbert, J., & Gradess, S. (2012). Class start times, sleep, and academic performance in college: A path analysis. *Chronobiology International*, 29(3), 318-335.
- Owen, A. (2001). *Empirical likelihood* (1 b.). New York: Chapman and Hall/CRC.
- Park, S. (1999). A goodness-of-fit test for normality based on the sample entropy of order statistics. *Statistics & probability letters*, 44(4), 359-363.
- Pearson, K. (1900). X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 50(302), 157-175.
- Petreche, M. K. (2012). "A Case Study on the Application of the Theory of Inventive. *Architectural Engineering and Design Management*, 8, 90-102. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17452007.2012.659504> adresinden alındı
- Petreche, M. K. (2012, Mar 26). "A Case Study on the Application of the Theory of Inventive Problem Solving in Architecture,". *Architectural Engineering and Design*

- Management*, 8(2), 90-102. <https://doi.org/10.1080/17452007.2012.659504> adresinden alındı
- Pettitt, A. (1977). Testing the normality of several independent samples using the Anderson-Darling statistic. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 26(2), 156-161.
- Phillips, S. (2010). Parametric Design: A Brief History. *arcCA*, 5.
- Pierce, J. L. (1984). Research note: Job design and technology: A sociotechnical systems perspective. <https://doi.org/10.1002/job.4030050206> adresinden alındı
- Pirolli, V. G. (1999, July–September). "The Structure of Design Problem Spaces,". *Cognitive Science*, 16(3), 395-429. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(92\)90038-V](https://doi.org/10.1016/0364-0213(92)90038-V) adresinden alındı
- Puglisi, d. L. (1999). *Hyperarchitecture: Spaces in the Electronic Age*. (B. Architecture, Dü.)
- Quintana, G. (2020). MADERA PARAMÉTRICA INTERIOR.
- Rahman, M., & Govindarajulu, Z. (1997). A modification of the test of Shapiro and Wilk for normality. *Journal of Applied Statistics*, 24(2), 219-236.
- Ramachandran, K., & Tsokos, C. (2015). *Mathematical Statistics with Applications in R* (Second Edition b.). Academic Press.
- Ramachandran, K., & Tsokos, C. (2021). *Mathematical statistics with applications in R* (Third Edition b.). Academic Press.
- Razali, N., & Yap, B. W. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21-33.
- Reschenhofer, E., & Bomze, I. (1991). Length tests for goodness of fit. *Biometrika*, 78(1), 207-216.
- Romao, X., Delgado, R., & Costa, A. (2010). An empirical power comparison of univariate goodness-of-fit tests for normality. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 80(5), 545-591.
- Rosenblatt, M. (1956). A central limit theorem and a strong mixing condition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 42(1), 43-47.
- Rosin, P., & Rammler, E. (1933). Laws governing the fineness of a powdered coal. *Journal of Institute of Fuel*, 7, 29-36.
- Roudavski, S. (2009). Towards Morphogenesis in Architecture. *International Journal of Architectural Computing*. doi:10.1260/147807709789621266
- Rybczynsk. (2013). Parametric Design: What's Gotten Lost Amid the Algorithms. *Architect*.

- RYBCZYNSKI, W. (2013, 3 11). Parametric Design: What's Gotten Lost Amid the Algorithms. 2010.
- Saeed Banihashemia, A. T. (2018). Integration of parametric design into modular coordination: A construction waste reduction workflow. *Automation in Construction*, 88, 1-12. <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/83804.pdf> adresinden alındı
- Saksena, R. S. (1980). *A Handbook of Statistics* (Cilt 1). (P. R. Krishnaiah, Dü.) Motilal Banarsidass Publishe.
- Schnabel. (2007). "Parametric designing in architecture: A parametric design studio". *CAAD Futures*, 237-250.
- Scott, P. L. (1995, August). "Difference in Similarity: interpreting the architectural design process,". *Planning and Design*, 22(4), 383-406. <https://doi.org/10.1068/b220> adresinden alındı
- Seier, E. (2002). Comparison of tests for univariate normality. *InterStat Statistical Journal*, 1(2002), 1-17.
- Shahdada, P. F. (2014). Applying TRIZ to Graphic Design using Genetic Algorithms. *World Conference: TRIZ FUTURE, TF 2011-2014* (s. 882-891). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.399> adresinden alındı
- Shan, G., Vexler, A., Wilding, G., & Hutson, A. (2010). Simple and exact empirical likelihood ratio tests for normality based on moment relations. *Communications in Statistics—Simulation and Computation*, 40(1), 129-146.
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423.
- Shapiro, S. S., & Francia, R. S. (1972). An approximate analysis of variance test for normality. *Journal of the American Statistical Association*, 67(337), 215-216.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.
- Shapiro, S., Wilk, M., & Chen, H. (1968). A comparative study of various tests for normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1343-1372.
- Siraj-Ud-Doula, M. (2019). A Comparison among Twenty-Seven Normality Tests. *Research & Reviews: Journal of Statistics*, 8(3), 41-59.
- Smirnov, N. (1939). Estimate of deviation between empirical distribution functions in two independent samples. *Bulletin Moscow University*, 2(2), 3-16.
- Song, K.-S. (2002). Goodness-of-fit tests based on Kullback-Leibler discrimination information. *IEEE Transactions on Information Theory*, 48(5), 1103-1117.
- Stephens, M. (1974). EDF statistics for goodness of fit and some comparisons. *Journal of the American Statistical Association*, 69(347), 730-737.

- Student. (1908). The probable error of a mean. *Biometrika*, 1(6), 1-25.
doi:<https://doi.org/10.2307/2331554>
- Sullivan, G., & Feinn, R. (2012). Using effect size-or why the P value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279-282.
- Taifeh, E., Hujjat, I., & Ansari, H. R. (February 2014). Definition and formulation of the architectural form analysis system based on the analysis and rethinking of the criticism system. *Quarterly: Iranian architectural studies*, Volume 4, Number 8, pages 73-88.
- Tolikas, K., & Heravi, S. (2008). The Anderson-Darling goodness-of-fit test statistic for the three-parameter lognormal distribution. *Communications in Statistics—Theory and Methods*, 37(19), 3135-3143.
- Tomás MéndeZ. (2013). *Computational Search in Architectural Design*, PhD thesis in Architectural design,. Torino: Politecnico di Torino. Retrieved from https://issuu.com/tmsmendez/docs/phd_thesis_mendez
- Torabi, H., Montazeri, N., & Grané, A. (2016). A test for normality based on the empirical distribution function. *Statistics and Operations Research Transactions*, 40(1), 55-88.
- Towhidi, M., & Salmanpour, M. (2007). A new goodness-of-fit test based on the empirical characteristic function. *Communications in Statistics—Theory and Methods*, 36(15), 2777-2785.
- Turner, J. (2003). *The Dictionary of art*. Oxford University.
- Turrin, P. v. (2011). Design explorations of performance driven geometry in architectural design using parametric modeling and genetic algorithms. 20.
doi:10.1016/j.aei.2011.07.009
- Uhm, T., & Yi, S. (2021). A comparison of normality testing methods by empirical power and distribution of P-values. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 1-14.
- Uyanto, S. (2022). An Extensive Comparisons of 50 Univariate Goodness-of-fit Tests for Normality. *Austrian Journal of Statistics*, 51(3), 45-97.
- V. J. Gan, C. W. (2019). "Parametric modelling and evolutionary optimization for cost-optimal and," Advanced Engineering Informatics. *Elsevier*, 42.
<https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100962> adresinden alındı
- Vahideh Bagheri, S. B. (2012). Digital architecture and its impact on the architectural and structural design process in architects' plans. *"International Conference on Structure and Architecture-" University of Tehran*. Tehran: University of Tehran.
- van Zyl, J. (2018). The performance of univariate goodness-of-fit tests for normality based on the empirical characteristic function in large samples. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 47(4), 1146-1156.

- Vasicek, O. (1976). A test for normality based on sample entropy. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 38(1), 54-59.
- von Plato, J. (2005). AN Kolmogorov, Grundbegriffe der wahrscheinlichkeitsrechnung (1933). I. G. Guinness (Dü.) içinde, *Landmark Writings in Western Mathematics 1640-1940* (s. 960-969). Elsevier.
- Wang, C.-H. L.-H. (2016). Modularized design-oriented systematic inventive thinking approach supporting collaborative service innovations. *Advanced Engineering Informatics*. <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/92181.pdf> adresinden alındı
- Wang, J. (2012). Sample distribution function based goodness-of-fit test for complex surveys. *Computational Statistics & Data Analysis*, 56(3), 664-679.
- Wang, J. W. (2013). Multi-objective optimization of cellular fenestration by an evolutionary algorithm. *Journal of Building Performance Simulation*, 7(1), 33-51. doi:10.1080/19401493.2012.762808
- Watson, G. (1961). Goodness-of-fit tests on a circle. *Biometrika*, 48(1/2), 109-114.
- Watson, G. (1962). Goodness-of-fit tests on a circle. II. *Biometrika*, 49(1/2), 57-63.
- Weibull, W. (1939). A statistical theory of the strength of material. *Ingeniors Vetenskap Acadamiens Handligar*, 151, 5-45.
- Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, 18, 192-297.
- Wen-der Yu, S.-t. C.-m.-r. (2012). A self-evolutionary model for automated innovation of construction technologies. *Automation in Construction*, 27, 78-88. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.04.018> adresinden alındı
- Wijekularathna, D., Manage, A., & Scariano, S. (2019). Power analysis of several normality tests: A Monte Carlo simulation study. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 51(3), 757-773.
- Wilks, S. S. (1935). The likelihood test of independence in contingency tables. *The Annals of Mathematical Statistics*, 6(4), 190-196.
- Wolfram, S. (. (2002). *A new kind of science*. Champaign.
- Yang, X. S. (2013). "Performance-driven architectural design and optimization technique from a perspective of architects.". *Automation in Construction*, 32, 125-135. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.01.015> adresinden alındı
- Yap, B., & Sim, C. (2011). Comparisons of various types of normality tests. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 81(12), 2141-2155.
- Yazici, B., & Yolacan, S. (2007). A comparison of various tests of normality. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 77(2), 175-183.

- Yıldırım, N., & Gökpınar, F. (2012). Bazı Normallik Testlerinin 1. Tip Hataları ve Güçleri Bakımından Kıyaslanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(1), 109-115.
- Zack Xuereb Conti, P. S. (2015). Multi-objective Optimisation of Building Geometry for Energy Consumption and View Quality. Vienna, Austria: eCAAD. doi:10.52842/conf.ecaade.2015.1.287
- zevi, B. (1993). *Architecture as Space: How to Look at Architecture* (illustrated, unabridged, reprint, revised b.). Da Capo Press.
- Zghoul, A. (2010). A goodness of fit test for normality based on the empirical moment generating function. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 39(6), 1292-1304.
- Zhang, J. (2002). Powerful goodness-of-fit tests based on the likelihood ratio. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)*, 64(2), 281-294.
- Zhang, J., & Wu, Y. (2005). Likelihood-ratio tests for normality. *Computational Statistics & Data Analysis*, 49(3), 709-721.
- Zhang, P. (1999). Omnibus test of normality using the Q statistic. *Journal of Applied Statistics*, 26(4), 519-528.
- احمد تندى، ب. ا. (1398). بازنگری در نظریه طراحی بهمثابه یک نظام تحلیل محتوای مطالعات روششناسی طراحی معمار . تهران: مبانی نظری هنرهای تجسمی. doi: 10.22051/JTPVA.2019.24598.1028
- ادوارد وایت) ۱۳۷۹. (مفاهیم پایه در معماری) .م. ا. نژاد (Çev.)، تهران: نشر خاک.
- اسکندری، ی. گ. (1390). ارزیابی معماری همساز با اقلیم در خانه های کاشان /آرمانشهر، نشریه علمی-پژوهشی معماری و شهرسازی 31-40، 4(7),
https://www.armanshahrjournal.com/article_32680_d51fc204ad2da974f2ebc1840a0a24a5.pdf adresinden alındı
- امرائی، س. د. (1393). بررسی تطبیقی فرم و شکل با تأکید بر خلق فضا و زیباشناختی در معماری کنفرانس ملی معماری و منظر شهری پایدار (s. 8). سیویلیکا. <https://civilica.com/doc/290167/> adresinden alındı
- باستانی، ع. ا. (۱۳۹۰). (معماری دیجیتال: کاربرد فناوریهای E/CAM/CAD در معماری. "تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- بیکر، ج. (1382). راهبردهای طراحی در معماری: رویکردی به تحلیل فرم (Cilt 5000). ر. افهمی (Çev.)، نسل باران.
- بیکر، ج. ه. (1386). لوکوربوزیه: تجزیه و تحلیل فرم (Çev.)، تهران: سبحان نور.
- پاکزاد، ح. ب. (1394). الفبای روانشناسی محیط برای طراحان (Cilt 1000). تهران: انتشارات آرمانشهر.
- ناتارکوویچ، و. (1381). فرم در تاریخ زیبایی شناسی .هنر. 46-61 ,
- تاجی، ع. ا. (1393). تحلیل بعد کالبدی حس تعلق به مکان در خانه های سنتی و مجتمعهای مسکونی امروزی .هنرهای زیبا , 68-75.
https://jfaup.ut.ac.ir/article_55409_e95ea3a837c97bc7903bd611ae2abb94.pdf adresinden alındı

- تقوایی، و. (1389). *از چیستی تا تعریف معماری*. تهران: هویت شهر. https://hoviatshahr.srbiau.ac.ir/article_1137_6abae020026e4c8f1cf6aacddc3b58ea.pdf adresinden alındı
- چینگ، ف. د. (1397). *معماری: فرم، فضا و نظم*. (Cilt 5000) تهران: نشر وارش.
- خبازی، ز. (۱۳۹۱). "پارادایم معماری الگوریتمیک". مشهد: انتشارات کتابکده کسری.
- دلگرم، م. ح. (1396). سه رن، شش جهت، هفت کشور: پژوهشی در تاریخ مفهوم رن معماری. *تاریخ علم*-149, 15(2), 171. doi: 10.22059/JIHS.2019.276572.371474
- سلطانزاده، م. ح. (1396). تدوین مدل مفهومی تحقق پایداری بافت های تاریخی با رویکرد راهبردی برنامه ریزی باز آفرینی. *باغ نظر* (56), 57-70. <https://civilica.com/doc/835011> adresinden alındı
- سمیعی، ز. م. (1399). ارزیابی تأثیر به کارگیری روش تریز در میزان خالقیت و ایده پردازی برای آموزش: 65-85. doi: 10.22047/ijee.2021.247595.1777
- صفدریان، غ. (1393). تبیین تأثیرات پارادایم بر تغییرات فرم در معماری معاصر. 16. doi:JR_HOVIAT-11-3_008
- صفدریان، ه. ک. (1396). تبیین تأثیرات پارادایم بر تغییرات فرم در معماری معاصر. *هویت شهر*. 31, 95-104.
- ضمیران، م. (1385). *فلسفه هنر ارسطو*. (Cilt 2000) مهدی نیا (Dü). تهران: فرهنگستان هنر.
- ظفرمند، س. ج. (1381). مفهوم فرم بویژه در هنر. 13-21. https://jhz.ut.ac.ir/article_10637_0590f19b7867ae86c6254be719c59de9.pdf adresinden alındı
- ظفرمندی، ن. ا. (1393). مبادی سلیقه در معماری. *باغ نظر*-14(53), 33-40. https://www.bagh-nظر-sj.com/article_51267_f3d6d3069fba5e5662264bc239de1896.pdf adresinden alındı
- غریبپور، م. م. (1400). فرم ارسطویی در طراحی مورفوننتیک. *دوفصلنامه فلسفه شماره 2، دوره 49*, 18. بازیابی از <https://civilica.com/doc/1371697>
- فلامکی، م. م. (1393). *ریشه ها و گرایش های نظری معماری*. (Cilt 2000) فضا (وابسته به موسسه علمی و فرهنگی فضا).
- قنبری، م. ح. (1397). بررسی تطبیقی نحوه تأثیر ضوابط تراکم بر شکل گیری الگوهای فضایی و فرم های ساختمانی در ایران و کشورهای توسعه یافته. (14 s). تبریز: کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام. doi:CAUCONF01_1682
- قوامی، ف. ر. (1391). فرم و محتوا در دنیای افلاطون. *نشریه خیال*-1(4), 17-34. http://kimiahonar.ir/article_1-51-fa.pdf adresinden alındı
- کوثری حقیقی، غ. ص. (1396). تبیین جایگاه فرم در معماری معاصر ایران. (Cilt 1000) اول و آخر.
- محمودی، م. ک. (1386). محرمیت در معماری سنتی ایران. *هویت شهر*. 3-4, 1(1), 3. doi:20.1001.1.17359562.1386.1.1.1.3
- مقدم، ن. گ. (1386). *تاریخ شناسی معماری ایران*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. doi:964-03-5080-X
- نصر، س. ح. (1981). *معرفت و امر قدسی*. (ف. ح. میرزائی (Çev.). تهران: فرزانه روز.
- نقره کار، ع. (1390). *مبانی نظری معماری*. (Cilt 5000) تهران: انتشارات پیام نور.

ونگ، و. (1993). اصول فرم و طرح (ن. ل. آزاده بیدار بخت (Çev. تهران: نشر نی).



ÖZGEÇMİŞ

Liseyi bitirdikten sonra matematik okumak için üniversiteye girdim. Beş yıllık uygulamalı matematik eğitiminin ardından; Uygulamalı fizik alanına girdim ve üç yıl sonra üniversiteden iki lisans derecesiyle mezun oldum.

Daha sonra Kent Araştırmaları Enstitüsü'nde beş yıl çalıştım, çalışma ortamının etkisiyle mimarlık okumaya ilgi duymaya başladım ve eğitimime devam ettim. Mimarlık mühendisliği diplomasını aldıktan sonra; Kentsel tasarım alanında yüksek lisans dersini seçtim. Kuantum fiziği kavramlarına olan aşinalığım nedeniyle üniversitede bir kentsel model sunmayı başardım ve bu, Edinburgh Üniversitesi'nden araştırma çalışmaları için lisans almamı sağladı.

Yüksek lisansımı tamamladıktan sonra bir yıllık "Pekin'de Akıllı Şehir" kursuna girdim ve "müdahaleci özgür alanlar" konusunu araştırdım.

2017 yılında doktora eğitimi almak üzere Türkiye'de Karadeniz Üniversitesi'ne girdim ve doktora çalışmalarına devam ettim. Karadeniz Üniversitesi'nde Profesör Cengiz Tavşan'ın yardımıyla mimari tasarımda akıllı ve etkili algoritmalar üzerine birçok çalışma yaptım