

**T.C.**  
**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KENTSEL TASARIMDA GENETİK ALGORİTMALAR YARDIMIYLA BİR  
OPTİMİZASYON ÇALIŞMASI**

**MEHMET ARİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Adnan ÇOLAK**

**EDİRNE-2023**

**MEHMET ARİK**'in hazırladığı “**KENTSEL TASARIMDA GENETİK ALGORİTMALAR YARDIMIYLA BİR OPTİMİZASYON ÇALIŞMASI**” başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:

İmza

Prof. Dr. Adnan ÇOLAK

.....

Doç. Dr. Hatice KIRAN ÇAKIR

.....

Doç. Dr. Turgay ÇOŞGUN

.....

Tez Savunma Tarihi: 12/12/2023

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığımı onaylarım.

İmza

Prof. Dr. Adnan ÇOLAK  
Tez Danışmanı

.....

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

.....  
Prof. Dr. Özlem ÇETİN ERDOĞAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MİMARLIK ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**  
**DOĞRULUK BEYANI**

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

12/ 12/ 2023

*Mehmet ARİK*

Yüksek Lisans Tezi

Kentsel Tasarımda Genetik Algoritmalar Yardımıyla Bir Optimizasyon Çalışması

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

## ÖZET

Mimari veya kentsel tasarımın tüm süreçlerinde iklim koşulları gibi çevresel verilerin dikkate alınarak tasarım kararlarının alınması, enerji etkin yapı/ kent tasarımının temel koşuludur. Diğer bir ifadeyle; kentsel tasarım veya mimari tasarım ürünlerinin çevresel koşullara uygun olarak biçimlendirilmesi, ilgili tasarım ürünlerinin enerji performansını etkileyen temel faktörlerdendir. Ancak tasarım süreçlerinin karmaşık yapısı düşünüldüğünde; çevresel verilere bağlı tasarım kararlarının tecrübe veya sezgilerle alınması tasarım ürünlerinin bulunduğu fiziksel çevrenin potansiyellerini tam anlamıyla değerlendirmesini, çok büyük olasılıkla, sağlayamaz. Bu durumda görsel programlama araçları ve genetik algoritmalar aracılığıyla performansa dayalı üretken tasarım yöntemlerini kullanmak daha rasyonel bir yaklaşım olabilir.

Görsel programlama dilleri, tasarımcılara; kodlama bilgisine ihtiyaç duymadan veya çok az kodlama bilgisi ile tasarım algoritmaları üretme olanağı sağlar. Bu sayede tasarımcılar çok sayıda tasarım alternatifini oldukça kısa süreler içinde üretebilir. Ayrıca bu araçların analiz programlarına bağlanabilmesi ve genetik algoritmalar gibi çözücü bileşenleri barındırması gibi özellikleri sayesinde; optimizasyon süreçlerinin ve dolayısıyla üretken tasarım yaklaşımlarının daha pratik bir şekilde yürütülmesi mümkündür. Doğru kurgulanmış üretken tasarım yöntemlerinin çevresel sürdürülebilirlik, enerji maliyetleri, adam-saat maliyetleri, lojistik maliyetler gibi birçok konuda önemli katkıları olabilir.

Tez kapsamında; görsel programlama araçları kullanılarak, enerji verimliliği gibi konulardaki optimizasyon hedeflerine yönelik kentsel tasarım ürünlerini üretebilecek alternatif sistemlerin kurgulanma süreçleri bir vaka çalışması üzerinden açıklanacaktır.

Bunun yanında, vaka çalışmasında sunulacak yaklaşım ile algoritmik/ üretken sistemlerin kullanılması yönüyle yöntem bakımından ilişkili; parametrik tasarım, görsel programlama araçları, genetik algoritma ve yapay zekâ uygulamaları gibi kavramlar incelenecek ve bu kavramların mimarlıktaki kullanım potansiyelleri tartışılacaktır.

Yıl : 2023

Sayfa Sayısı : 56

Anahtar Kelimeler : Görsel Programlama, Genetik Algoritma, Simülasyon, Üretken Tasarım, Parametrik Tasarım, Performatif Tasarım, Optimizasyon, Kentsel Tasarım



Master's Thesis

An Optimization Study with Genetic Algorithms in Urban Design

Trakya University Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Architecture

## **ABSTRACT**

In the entire processes of architectural or urban design, making design decisions by considering environmental data such as climate conditions is a fundamental requirement for energy-efficient building/ city design. In other words, shaping urban or architectural design products in accordance with environmental conditions is a key factor influencing the energy performance of the corresponding design products. However, considering the complex nature of design processes; making design decisions based on environmental data through experience or intuition may most likely not enable a comprehensive evaluation of the potentials of the physical environment where design products are located. In such cases, using visual programming tools and genetic algorithms for performance-based productive design methods can be a more rational approach.

Visual programming languages allow designers to generate design algorithms without the need for coding knowledge or with minimal coding knowledge. This enables designers to produce a large number of design alternatives in a very short period. Additionally, due to features such as the ability to connect to analysis programs and incorporate solver components such as genetic algorithms, it is possible to carry out optimization processes and thus implement productive design approaches more practically. Well-constructed productive design methods can have significant contributions to environmental sustainability, energy costs, labor costs, logistics costs, and many other areas.

In the scope of the thesis, the processes of constructing alternative systems capable of producing urban design products for optimization goals such as energy efficiency using visual programming tools will be explained through a case study research.

In addition, concepts such as parametric design, visual programming tools, genetic algorithm and artificial intelligence applications, which are methodologically related to the approach to be presented in the case study research, will be examined and the potential use of these concepts in architecture will be discussed.

Year : 2023

Number of Pages : 56

Keywords : Visual Programming, Genetic Algorithm, Simulation, Generative Design, Parametric Design, Performative Design, Optimization, Urban Design



## TEŞEKKÜR

Tez ve yüksek lisans sürecim boyunca değerli bilgilerini esirgemedен yol gösteren kıymetli hocam Prof. Dr. Adnan ÇOLAK'a,

Zor zamanlarımda yanımda olan, hayatımın önemli bir parçası olmuş, bana güzel anılar kazandırmış tüm arkadaşlarıma,

Ve beni yetiştiren, bugünlere getiren, her zaman fedakarlıklarını ve desteklerini hissettiğim başta annem olmak üzere tüm aileme;

Sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>viii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>ix</b>
<b>SİMGELER ve KISALTMALAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BÖLÜM 1 GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1. Amaç ve Kapsam.....	3
1.2. Çalışmadaki Sınırlılıklar.....	3
<b>BÖLÜM 2 TEMEL KAVRAMLAR</b> .....	<b>5</b>
2.1. Parametrik Tasarım .....	5
2.2. Görsel Programlama Dilleri .....	7
2.3. Genetik Algoritma .....	11
2.4. Yapay Zekâ Uygulamaları.....	15
<b>BÖLÜM 3 MATERYAL</b> .....	<b>17</b>
3.1. Kullanılan Yazılımlar .....	18
3.2. Optimizasyonu Yapılacak Yapı Grubu .....	19
<b>BÖLÜM 4 YÖNTEM</b> .....	<b>21</b>
4.1. Analizleri Yapılacak Bölge Modelinin Elde Edilmesi .....	23
4.2. Optimize Edilecek Binaların Parametrik Modeli .....	24
4.3. Analiz ve Optimizasyonlar İçin Bileşenlerin Kurgulanması.....	25
4.4. Optimizasyon İçin Sınırlayıcı Parametreler .....	28
4.5. Tasarım Alternatiflerinin Elde Edilmesi .....	29
<b>BÖLÜM 5 MEVCUT DURUM ve OPTİMİZASYON MODELLERİ</b> .....	<b>31</b>
5.1. Mevcut Durum .....	31
5.2. Alternatif-1 .....	31
5.3. Alternatif-2 .....	32

5.4. Sunulan Yaklaşımlarda Ortaya Çıkabilecek İstenmeyen Durumlar İçin Öneriler	33
5.5. Bulgular .....	34
<b>BÖLÜM 6 TARTIŞMA VE SONUÇ.....</b>	<b>36</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>38</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>42</b>



## SİMGELER ve KISALTMALAR

° C : Santigrat derece

BIM : Building information modeling (Yapı Bilgi Modellemesi)

C# : C Sharp

IDE : Integrated development environment (Tümleşik geliştirme ortamı)

km<sup>2</sup> : Kilometrekare

kWh : Kilowatt saat

LB : Ladybug

mm : Milimetre

OSM : Open Street Map

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çeşitli veri setlerini ve yapay zekâ algoritmaları kullanarak üretim yapan yeni medya sanatçısı Refik Anadol'un Quantum Memories sergisinden .....	6
Şekil 2.2. Antoni Gaudi'nin farklı form varyasyonları üretebilmesine olanak tanıyan asılı modeli.....	7
Şekil 2.3. Soldan sağa; Hacı Kılıç Camisi (Kayseri), Gök Medrese (Amasya) ve Şifaiye Medresesi (Sivas) yapılarına ait portal mukarnaslar .....	7
Şekil 2.4. Revit uygulamasında Macro modüllerini oluşturmak, organize etmek ve çalıştırmak için kullanılan Macro Manager arayüzü (solda) ve ilgili modülleri metin tabanlı programlama dilleri ile düzenlemek için kullanılan Sharpdevelop tümleşik geliştirme ortamı (IDE) .....	8
Şekil 2.5. Algoritmaların, kod satırları yerine düğümler (kutular) ve bunlar arası ilişkileri gösteren bağcıklarla ifade edildiği BIM tabanlı görsel programlama dili Dynamo'nun arayüzü .....	9
Şekil 2.6. Kullanıcılarının, karmaşık ve dikkat gerektiren harfler, sayılar ve özel karakterler içeren kod yapıları yerine hazır blokları dizerek oyun ve animasyonlar yaratabilmelerini sağlayan Scratch programlama dili web arayüzü. ....	10
Şekil 2.7. Genetik algoritmaların temel çalışma prensibi .....	13
Şekil 2.8. Sadece metin ile betimleme yapılarak Midjourney yapay zekâ aracı tarafından üretilmiş bir kafe görüntüsü .....	16
Şekil 3.1. Optimizasyonu yapılacak yapı grubunun bulunduğu alanın OSM ve SkyscraperPage veri tabanları kullanılarak üretilen modeli.....	17
Şekil 3.2. Galapagos evrimsel çözücünün grafik arayüzü. Bu arayüzde optimizasyon grafiği, üyelerden oluşan havuz, parametreler ve havuzdaki her üyenin uygunluk değerleri görülebilir.....	18
Şekil 3.3. Optimizasyonu yapılacak yapı grubunun bulunduğu Financial District merkezi iş alanının görüntüsü .....	20
Şekil 4.1. Sunulacak her iki optimizasyon yaklaşımında kullanılan temel veri akış şeması. Çalışmada tek bir kriter değerlendirildiği için özel bir uygunluk fonksiyonu	

tanımlanmamıştır, şemadaki “uygunluk değeri” analiz sonuçlarına eşittir (birim fonksiyon). .....	23
Şekil 4.2. Optimizasyon çalışmalarının yapılacağı modelin plan görüntüsü. Farklı optimizasyon yaklaşımlarının gerçekleştirilebilmesi için modeldeki yapılar üç gruba ayrılmıştır: Parametrik kütle modellerinin bulunduğu A grubu (turuncu), parametrik modeller ile yakın ilişkili ve bu kütlelerin formundan güneş ışığı bakımından etkilenebilecek yapıların bulunduğu B grubu (mavi), diğer yapıların bulunduğu C grubu (gri).....	24
Şekil 4.3. Alternatif-1’in optimizasyon süreci, Rhinoceros (sol), Galapagos (sağ üst) ve Grasshopper (sağ alt) pencereleri. Soldaki ekranda radyasyon gradyanının sadece A grubu kütlelerine işlendiği görülmektedir .....	30
Şekil 5.1. Parametrik A grubu kütle modellerinin mevcut durumu (turuncu) ile Alternatif-1’e göre optimize olduktan sonraki durumu (yeşil) .....	32
Şekil 5.2. Parametrik A grubu kütle modellerinin mevcut durumu (turuncu) ile Alternatif-2’ye göre optimize olduktan sonraki durumu (yeşil) .....	33

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Toronto iklim tablosu.....	27
Çizelge 5.1. Mevcut durum modelinin ve optimizasyonlarla elde edilen alternatif modellerin güneş ışıınımmı analiz sonuçları (kWh) .....	35
Çizelge 5.2. Mevcut durumun analiz sonuçları (kWh) ve optimizasyonlarla elde edilen alternatif modellerin güneş ışıınımmı analizlerinin mevcut durum ile karşılaştırması .....	35

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

Kentsel tasarım; sosyal, çevresel ve ekonomik hedeflere yönelik; yoğunluk hesapları, yükseklik sınırlamaları, ulaşım ve alt yapı ağları, sosyal donatı alanları, tarihi çevre ile ilişkiler, topografya özellikleri gibi birçok farklı bileşenin değerlendirilmesi gereken oldukça karmaşık bir süreçtir (Abd Elrahman ve Asaad, 2021, s. 1164-1165).

Bununla birlikte Birleşmiş Milletler'in yayınladığı verilere göre 2018'de %55 olan kentsel alanlarda yaşayan nüfus oranının 2050 yılına kadar %68'e yükselmesi beklenmektedir. Aynı rapora göre 2050 yılına kadar genel nüfus artışıyla da bağlantılı olarak kentsel alanlarda yaşayan nüfus 2,5 milyarlık bir artış gösterebilir (Birleşmiş Milletler, 2022). Yine Birleşmiş Milletler'in 2019 yılında yayınladığı rapora göre toplam sera gazı salınımının %70'lik kısmı ile kaynak kullanımının %60'tan fazlası kentsel alanlarda gerçekleşmektedir (Birleşmiş Milletler, 2019). Bu raporların gösterdiği sonuçlara bağlı olarak artan kentsel gelişimin çevresel etkilerine ilişkin farkındalıkla birlikte; enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve optimizasyon çalışmaları gibi araştırmaların odağı; tekil binalardan veya tekil bina bileşenlerinden kentsel ölçeğe doğru kaymaktadır (Nataninan ve Auer, 2020, s. 1).

Bahsedilen bileşenlerin karmaşık yapısı ile konunun önemini ortaya koyan veriler ışığında; bu alandaki uygulamaların ilgili meslek dallarındaki yetkililerin yorum ve hatalarına açık yapısına alternatif bir yöntem gerekliliğinden bahsedebiliriz.

Bu noktada devreye girebilecek performans odaklı tasarım yaklaşımı, form üretimi ve üretilen geometrilerin çözümlenmelerine bağlı değerlendirmeleri içeren geri beslemeli süreci ifade eder (Oxman, 2006, s. 248-249). Ancak mimari veya kentsel tasarım problemlerinin içerdiği çok sayıda parametre ve bunların karmaşık ilişkilerine

bağlı olarak, ortaya çıkabilecek çok sayıdaki formun performans analizlerini gerçekleştirmek pratik olarak mümkün olmayabilir. Bu doğrultuda söz konusu karmaşık durumu yönetebilmek için daha kısa süreler içinde sonuç verebilecek daha dinamik bir yaklaşımın geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Performans odaklı form üretimine yönelik, optimize edilmiş geometriler elde edebilmek için genetik algoritmaların parametrik tasarım yöntemleri ile kullanımı sayesinde kısa süreler içinde önemli sonuçlara ulaşmak mümkün olabilir (Rosso, Ciancio, Dell'Olmo ve Salata, 2020, s. 2).

Genetik algoritmalar, doğadaki genetik mekanizmaları taklit ederek evrimsel doğal seçim sürecinin bilgisayar ortamında simülasyonu gerçekleştirir. Bu mekanizmada önce bireysel üyelerden oluşan bir popülasyon oluşturulur. Ardından popülasyondaki her üyeye bir uygunluk fonksiyonu ile uygunluk değeri atanır. Daha sonra uygunluk değerine daha yakın olan bireyler seçilir ve bu uygun elemanlardan mutasyon, çaprazlama veya kopyalanma yoluyla yeni nesiller oluşturulur. Bu mekanizma sayesinde optimizasyon sürecindeki olası varyasyonların her birinin analiz edilmesine gerek kalmadan akışın daha pratik bir şekilde yürütülmesi sağlanır (Renner ve Ekárt, 2003, s. 710-711).

Genetik algoritmalar ve parametrik tasarım araçlarının birlikte veya ayrı kullanımıyla enerji verimliliği, ısı konfor, görsel konfor, havalandırma gibi sayısallaştırılabilen çok çeşitli konularda; tekil bina kütle geometrisi optimizasyonu veya pencere, çatı, çatı penceresi, sabit veya hareketli güneş kırıcılar gibi birçok yapı bileşeninin ayrı ayrı optimizasyon çalışmalarını gerçekleştirmek mümkündür (Jalali, Noorzai ve Heidari, 2019; Tuhus-Dubrow ve Krarti, 2010; Guo vd., 2020; Yi, Tariq, Park ve Barakat, 2021; Manzan, 2014; Samadi, Noorzai, Beltrán ve Abbasi, 2020). Bununla birlikte kent ölçeğinde sosyal, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği dengelemeye yönelik kapsamlı ve çok değişkenli çalışmalardan ulaşım, alt yapı veya enerji verimliliğine yönelik daha özel alt başlıklara kadar optimizasyon çalışmalarının örneklerine rastlanabilir (Mosey ve Deal, 2020; Li ve Matthew, 1990; Shi, Fonseca ve Schlueter, 2017).

## 1.1. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada mimari veya kentsel tasarım süreçlerinin çok sayıda bileşen barındıran, üretilen her bir çözümün ayrı ayrı uzmanlar tarafından simülasyon ve analizlerinin yapılmasını ve tüm sonuçların tasarımcı tarafından yönetim ve değerlendirilmesini gerektiren geleneksel iş akışına alternatif bir yaklaşım geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaca uygun, esnek ve eklenen her bir parametre ile daha kapsayıcı olabilecek bir süreç tasarımı elde edilmek istenmiş ve bu sürecin aşamaları açıklanmıştır. Bu aşamaların her birini birer alternatif tasarım yaklaşımı olarak da ele almak mümkündür.

Araştırma kapsamında değerlendirilmesi yapılacak metodoloji kullanılarak sıfırdan kentsel tasarım ürünleri tasarlanabilir. Ancak çalışmada sunulan yaklaşımın işlerliğini denetlemek, mevcut süreçlere entegre edilebileceğini göstermek ve ulaşılan sonuçları geleneksel yöntemlerden elde edilen sonuçlarla kıyaslayabilmek için mevcut bir yapı grubu seçilmiştir. Bu karşılaştırmaların kontrollü olması ve rasyonel sonuçlar elde edilebilmesi için mevcut yapı grubuna ait bazı özellikler sabit parametreler olarak belirlenmiştir. Örneğin, bu çalışmada mevcut yapı grubundaki binaların hacimleri toplamı ve taban geometrileri korunarak kütlelerin farklı yükseklikleri değerlendirilmiştir.

Genetik algoritmalar ile sayısallaştırılabilen birçok kriter için optimizasyon çalışmaları yürütmek mümkündür ancak bu çalışmada iş akışının kontrollü değerlendirmesini yapabilmek ve analiz süreçlerini kısaltmak için yapıların güneş erişimi etkinliğini bütüncül bir şekilde artırmak temel hedef seçilmiştir. Güneş erişimi ise belirli bir zaman aralığında kütlelerin cephe ve çatılarındaki toplam Güneş radyasyonu kazanımı ölçülerek değerlendirilmiştir. Bu sayede hem güneş ışınımına bağlı toplam ısı kazanımı hesaplanmış hem de doğrudan ilişkili olduğu için kütlelerin güneşlenme süresine yönelik ayrıca bir değerlendirme yapılmamıştır.

## 1.2. Çalışmadaki Sınırlılıklar

Çalışmada sunulacak optimizasyon yaklaşımında veya benzeri çalışmalarda; optimizasyon algoritmaları, “gerçek dünyada” karşılığı olmayan sonuçlar üretebilir. Örneğin, bu çalışmada belirli sınırlamalar kullanılmaması durumunda; optimize edilecek

kütteleler arası ilişkiler araç veya yaya trafiğini olumsuz yönde etkileyecek şekilde değişebilir veya bazı kütleler istenmeyen yükseklik değerlerine ulaşabilir. Bunun yanında optimize edilecek değer aralığının çok geniş olması başka bir deyişle arama uzayının çok geniş olması durumunda optimizasyon süreci çok fazla uzayarak pratik olmaktan çıkabilir. Bu durumun önüne geçmek için bazı sınırlamaların kullanılması gerekebilir.

Ayrıca bu çalışmada; ilerleyen bölümlerde sunulacak yaklaşımın, kentsel veya mimari tasarım süreçlerine entegre edilebileceğinin gösterilmesi ve bu entegrasyonun sonuçlarının tartışılması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda mevcut bir yapı grubu seçilmiş ve optimizasyon sonuçları mevcut durum ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmanın kontrollü olması ve optimizasyon sonucunda elde edilecek sonuçların bulunduğu kentsel bağlama uygun olabilmesi için çalışma özelinde de bazı sınırlamalar kullanılmış ve optimize edilecek kütlelerin sadece yükseklik dağılımının güneş ışıını değeri bakımından incelenmesi hedeflenmiştir.

Kütle taban geometrilerinin sabit tutulması, toplam hacmin sabit tutulması, kütleler için sınırlı sayıda yükseklik seviyesinin kullanılması ve analizlerin kısıtlı bir zaman dilimi için yapılması gibi çalışmadaki sınırlılıklar ilerleyen bölümlerde detaylı olarak açıklanacaktır.

## BÖLÜM 2

### TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde, tezin sonraki bölümlerinde detayları sunulacak optimizasyon yaklaşımı ile algoritmik/ üretken sistemlerin kullanılması yönüyle yöntem bakımından ilişkili; parametrik tasarım, görsel programlama araçları, genetik algoritma ve yapay zekâ uygulamaları gibi kavramlar incelenecek ve bu kavramların mimarlıktaki kullanım potansiyelleri tartışılacaktır.

#### 2.1. Parametrik Tasarım

Parametrik tasarım; çok sayıda tasarım alternatifinin, tasarımcı tarafından belirlenen değişkenlere ve yine tasarımcı tarafından tanımlanan değişkenler arası kurallara bağlı olarak pratik bir şekilde üretilebilmesini sağlayan esnek yaklaşımı ifade eder. Parametrik tasarım yaklaşımında tek bir sonuç ürün yerine farklı varyasyonların bulunduğu bir çözüm kümesi söz konusudur. Bu yöntem ile bir kez kurulacak algoritmaya bağlı olarak elde edilen parametrik model, ilgili parametrelerdeki değişimlere uyum sağlayarak farklı biçimlere dönüşebilir (Jabi, 2013).

Parametrik tasarımdaki algoritmalara dayalı süreç; tasarımcının ilgili model üzerindeki kontrolünü artırmasını sağlar. Bu sayede, tasarımcılar tarafından kullanılan algoritmaların kapsamına bağlı olarak, karmaşık veriler içeren problemlerin yönetimi tutarlı bir şekilde sağlanmış olur. Bu organizasyon imkanları, parametrik tasarım konseptinin mimari ve kentsel tasarımda geniş kullanım alanları bulmasını sağlar. Örneğin parametrik model ile güneş ışınım değerleri, günışığı verimliliği, rüzgâr şiddeti, nem, taşıt ve insan sirkülasyonu gibi çevresel verilerin ilişkilendirilmesi ile performans

dayalı tasarım (performative design) veya tepkimeli tasarım (responsive design) yaklaşımları mümkün hale gelir (Tünger ve Pektaş, 2017, s. 72).

Gelişen teknolojiye ve dijital araçların kullanımındaki artışa bağlı olarak parametrik tasarım yaklaşımının; ileri mühendislik, yeni medya sanatı (Şekil 2.1) veya komplike mimari formların üretimi gibi birçok alanda karşılık bulabilen güncel bir konu olduğunu söyleyebiliriz. Ancak Antoni Gaudi'nin zincirler ve uçlarına çeşitleri ağırlıklar asarak ürettiği analog model (Şekil 2.2) ilişkisel/ algoritmik tasarım yaklaşımı için önemli ilkel örneklerden kabul edilebilir.

Ayrıca Türk ve İslam sanatında önemli yer tutan çini süslemeleri ve mukarnas gibi unsurlar belirli geometrik örüntülere dayalı olması yönüyle parametrik tasarım yaklaşımıyla benzerlik gösterir. Nitekim Şekil 2.3'te verilen Hacı Kılıç Camisi (Kayseri), Gök Medrese (Amasya) ve Şifaiye Medresesi (Sivas) yapılarına ait mukarnas örneklerimde geometrik örüntülerin kullanımı bakımından önemli benzerlikler fark edilebilmektedir.



Şekil 2.1. Çeşitli veri setlerini ve yapay zekâ algoritmaları kullanarak üretim yapan yeni medya sanatçısı Refik Anadol'un Quantum Memories sergisinden (Refik Anadol Studio, 2023).



Şekil 2.2. Antoni Gaudi'nin farklı form varyasyonları üretebilmesine olanak tanıyan asılı modeli (Maher ve Burry, 2003, s. 46).



Şekil 2.3. Soldan sağa; Hacı Kılıç Camisi (Kayseri), Gök Medrese (Amasya) ve Şifaiye Medresesi (Sivas) yapılarına ait portal mukarnaslar (Dinçer, 2021, s. 581).

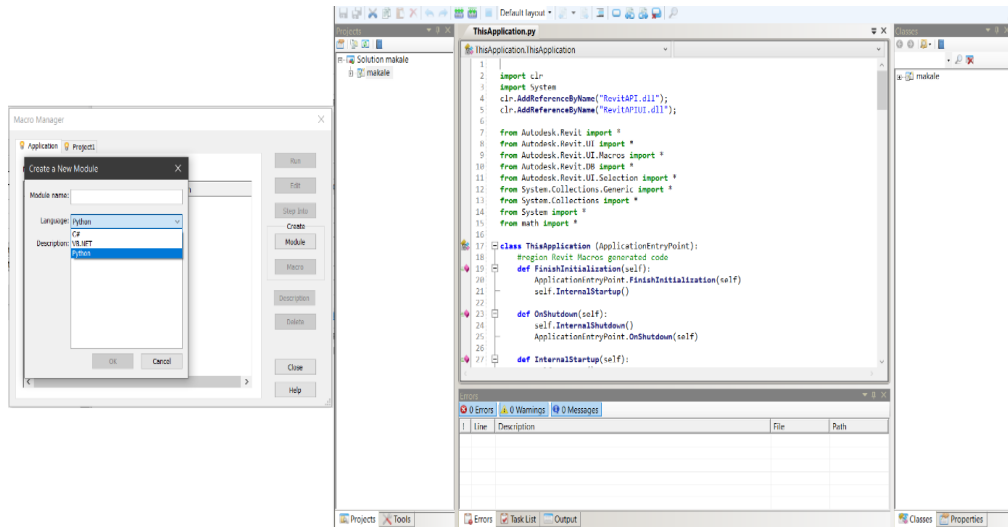
## 2.2. Görsel Programlama Dilleri

Yazılımcıların, kurdukları algoritmaları bilgisayar ortamında ifade etmek için kullandığı Python, C#, JavaScript gibi metin tabanlı programlama dilleri sahip oldukları yetenekler sayesinde oldukça yaygın kullanım alanları bulabilmektedir. Bu diller, günlük veya profesyonel hayatta kullanılan birçok yazılımın arka planında çalışmaktadır. Ayrıca

bu tür programla dilleri; mimarlık, endüstriyel tasarım, mühendislik gibi disiplinler tarafından sıklıkla kullanılan çeşitli tasarım araçlarının kodlanmasında kullanıldığı gibi bu araçlara gömülü arayüzler aracılığıyla tasarım aşamasında doğrudan tasarımcı tarafından kodlama yapılarak da kullanılabilir. Bu dilleri doğrudan kullanarak çeşitli otomasyonlar, hesaplamalar ve parametrik tasarım algoritmaları yazmak mümkündür.

Örneğin mimari, mekanik ve statik tasarımda yaygın olarak kullanılan; Yapı Bilgi Modellemesi araçlarından Revit'in Macro Manager arayüzü kullanılarak C#, Python veya VB.NET dilleri ile modüller oluşturup bu modülleri ilgili projeler üzerinde çalıştırmak mümkündür (Şekil 2.4). Benzer şekilde AutoCAD üzerinde çalışan AutoLISP dili çeşitli otomasyon algoritmaları yazılabilmesine olanak tanır.

Ancak bahsedilen dillerin genellikle sadece tasarım araçlarına özel olarak geliştirilmiş olmamaları (dolayısıyla ayrı bir profesyonel uğraşı alanı niteliğinde olmaları), basit algoritmaların bile uzun kod satırları (textual programming) gerektirebilmesi, görece uzun eğitim süreçlerine ihtiyaç duyulması gibi nedenlerle bu diller programlama alanında uzmanlaşmamış son kullanıcılar için konforlu bir deneyim sunmayabilir.

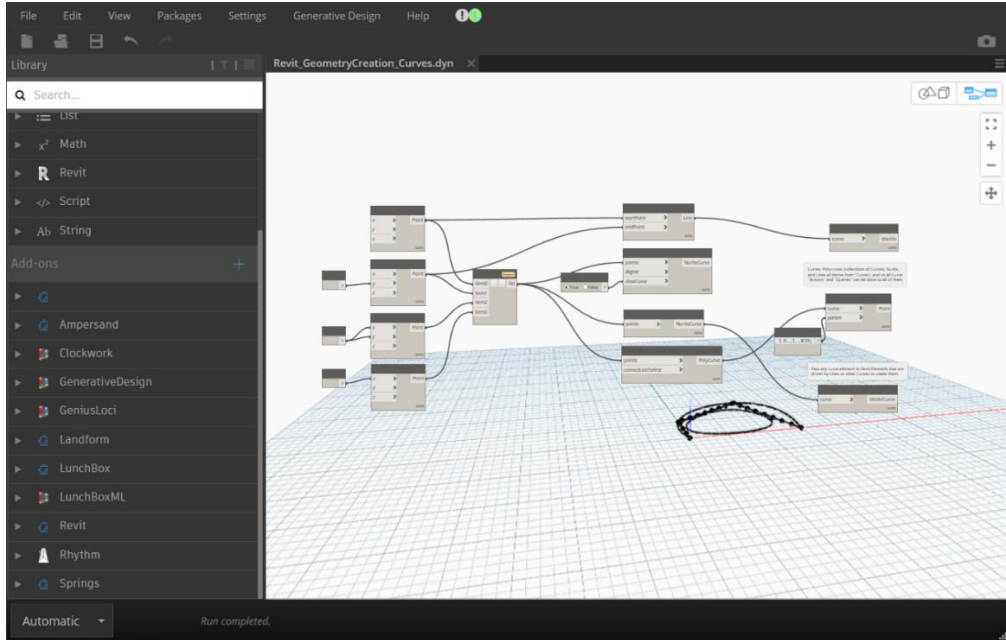


Şekil 2.4. Revit uygulamasında Macro modüllerini oluşturmak, organize etmek ve çalıştırmak için kullanılan Macro Manager arayüzü (solda) ve ilgili modülleri metin tabanlı programlama dilleri ile düzenlemek için kullanılan Sharpdevelop tümleşik geliştirme ortamı (IDE).

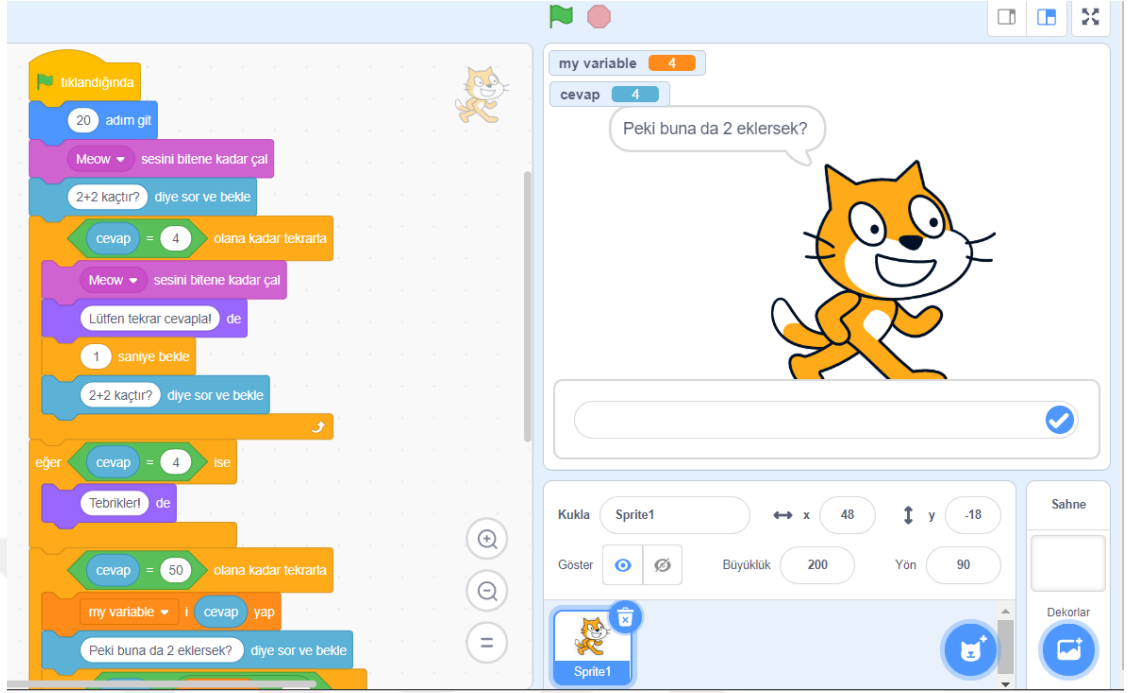
Metin tabanlı programlama dillerinden farklı olarak görsel programlama dillerinde; kullanıcılar ilgili dildeki grafikleri manipüle ederek algoritmalar oluşturur (Jost, Ketterl, Budde ve Leimbach, 2014). Başka bir deyişle, bu dillerde algoritmalar; harfler, sayılar veya noktalama işaretleri yerine diyagramatik bir şekilde oluşturulur.

Görsel programlama araçlarında algoritmayı oluşturan bileşenler, genellikle kutular ve onları bağlayan çizgilerle ifade edilir (Şekil 2.5). Kullanıcı hazır kod satırlarını içeren kutuları algoritmanın hedeflerine göre bağcıklarla bağlayarak bir kompozisyon oluşturur (flow-based programming). Bu yönü ile görsel programlama dillerinin, metin tabanlı programlama dillerine kıyasla daha basit ve eğlenceli bir arayüz sunduğu söylenebilir.

Nitekim, Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından desteklenen; özellikle çocukların hesaplamalı düşünme (computational thinking) ve problem çözme yeteneklerine yönelik hazırlanmış; oyun, animasyon ve interaktif hikayelerin kodlanmasında kullanılabilen Scratch görsel programlama dili (Şekil 2.6) bu bağlamda önemli bir örnek olarak sunulabilir (Scratch, 2023; Scratch Foundation, 2023).



Şekil 2.5. Algoritmaların, kod satırları yerine düğümler (kutular) ve bunlar arası ilişkileri gösteren bağcıklarla ifade edildiği BIM tabanlı görsel programlama dili Dynamo'nun arayüzü.



Şekil 2.6. Kullanıcılarının, karmaşık ve dikkat gerektiren harfler, sayılar ve özel karakterler içeren kod yapıları yerine hazır blokları dizerek oyun ve animasyonlar yaratabilmelerini sağlayan Scratch programlama dili web arayüzü.

Bunun yanında Rhinoceros- Grasshopper, Unreal Engine- Blueprint, Simulink, Houdini, Dynamo Studio, Blender- Geometry Nodes gibi çeşitli görsel programlama yazılım veya eklentileri; çeşitli parametrik tasarım, veri yönetimi, otomasyon, optimizasyon veya simülasyon algoritmalarının kurulabilmesine olanak tanır.

Bu yönleriyle görsel programlama dilleri; mimarlık, endüstriyel tasarım, takı tasarımı, sinema gibi tasarım problemleri ile ilgilenen farklı disiplinlere çözüm araştırmalarında ve süreç yönetiminde önemli katkılar sunar. Ayrıca, bir kez hazırlanacak algoritma, farklı projelerde de tekrar kullanılabilirdiği için tekrarlı işlere yönelik hazırlanacak otomasyonlar ile önemli zaman tasarrufları sağlanabilir.

Görsel programlama araçları, kullanım amaçlarına göre özelleşmiş zengin bileşen kütüphaneleri içerse de bu kütüphanelerin yetersiz kaldığı durumlarda farklı geliştiriciler tarafından üretilmiş kütüphanelerin kullanımı mümkün olabilmektedir. Ayrıca kullanıcılar, metin tabanlı programlama dillerini kullanarak manuel biçimde ihtiyaç duyulan bileşenleri yaratabilmektedir. Örneğin, Dynamo Studio'da Python dili kullanılarak düğümler (node) oluşturmak mümkündür.

### 2.3. Genetik Algoritma

Görsel programlama dilleri aracılığı ile üretilen parametrik modeller sayesinde çok sayıda varyasyon içeren çözüm havuzları (veya arama uzayları) oluşturmak mümkündür ancak bu varyasyonlar arasında rasyonel seçimler yapmak arama uzayının eleman sayısına bağlı olarak yeni bir probleme dönüşecektir.

Örneğin, sınırları belirli bir arazi yüzeyine yerleştirilecek sabit hacimde bir kütle için hazırlanacak parametrik modelde; oturtulacak kütle, arazinin her noktasına her açı ile yerleştirilebilir. Bunun yanında aynı sabit hacim; kütlelerin sonsuz farklı en, boy ve yükseklik değeri kombinasyonu ile sağlanabilir. Bu şekilde hazırlanmış bir parametrik modelde seçim yapmak; (sınır değerler ve belirli seçim aralıkları kullanılsa bile) arazi üzerinde seçilecek noktanın x ve y eksenleri ile kütlelerin en, boy, yükseklik ve açı değerleri olmak üzere altı farklı değişkenin farklı kombinasyonları arasında bir araştırmayı gerektirir. Üstelik böyle bir modelde rüzgâr ve güneş gibi çevresel faktörlere bağlı bir seçim söz konusu olduğunda her bir kombinasyon için analizler yapmak, modelin kapsamına göre çok uzun süreler alabileceği için, pratik bir yaklaşım olmayacaktır.

Böylesi durumlarda tasarımcı sezgi ve tecrübelerini kullanarak başka bir ifade ile tahminler yaparak karar vermeye çalışabilir. Ancak çok sayıda alternatifin olduğu bir kümede, belirli sayısal verileri eniyilemeye yönelik seçimlerin bu şekilde yapılması her zaman istenen sonuçları vermeyebilir. Ayrıca problem karmaşıklıkça (yukarıda verilen örnekteki araziye yerleştirilen kütle sayısının artırılması gibi) tahmin yürütme işi zorlaşacak ve hata olasılığı artacaktır. Problemin bu şekilde karmaşıktığı, belirli bir matematiksel model ile ifade edilemediği (dolayısıyla kendine has çözüm teknikleri bulunmayan) ve arama uzayının çok sayıda eleman içerdiği durumlarda genetik algoritmalar etkili bir araç olarak kullanılabilir (Özen ve Afacan, 2014, s. 470).

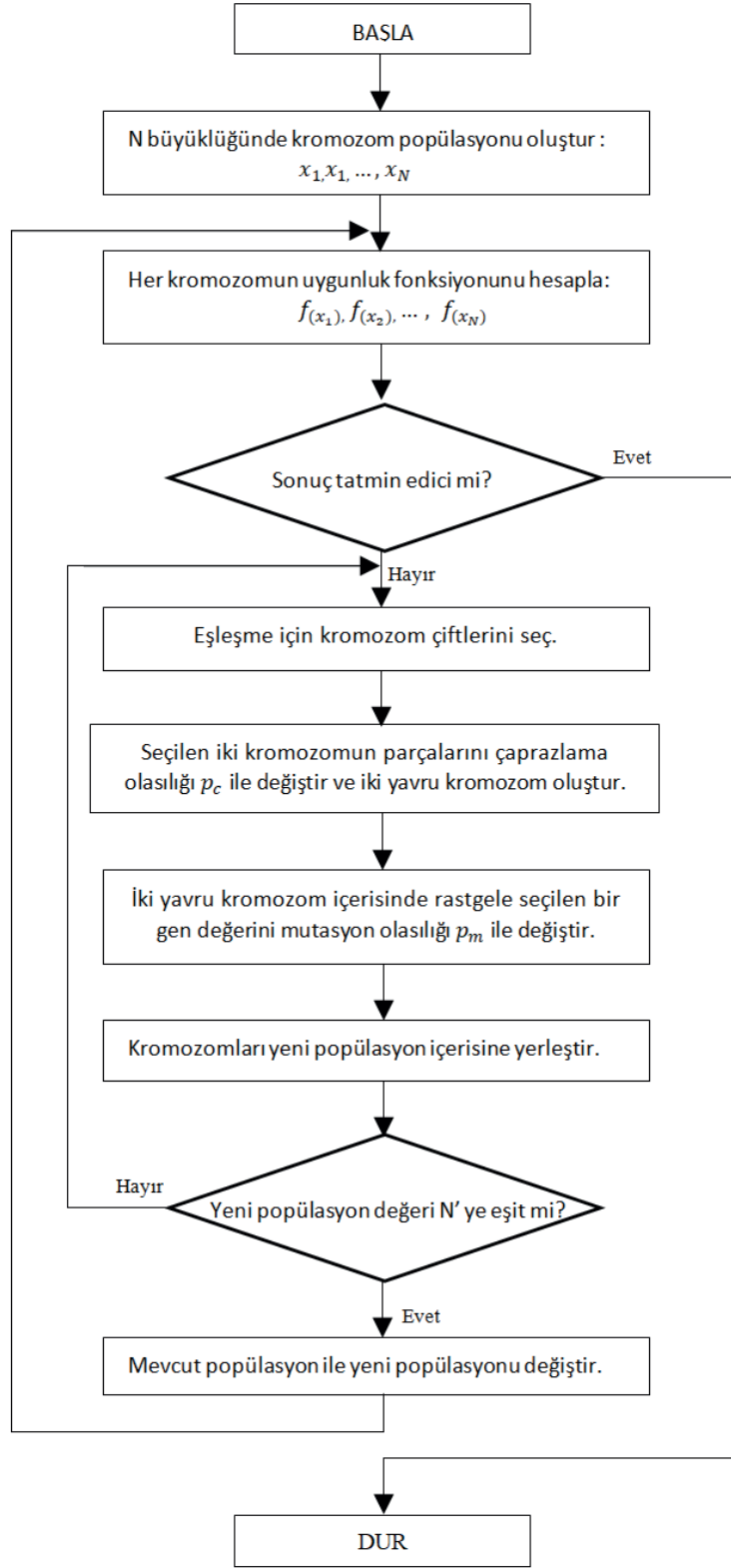
Çalışma prensibi (Şekil 2.7) doğal seçim ve genetik mekanizmalarının bilgisayar ortamında simülasyonuna dayanan genetik algoritmalar; optimizasyon çalışmaları, otomatik programlama ve bilgi sistemleri, mekanik öğrenme, ekonomik ve sosyal sistem modelleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır (Emel ve Taşkın, 2002).

Genetik algoritmalar arama uzayı içinde rastgele bir başlangıç popülasyonu oluşturduktan sonra popülasyondaki bireyler uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirilir.

Bu değerlendirmeye göre yapılacak seçilimde, uygunluğu yüksek olan bireylerin hayatta kalma olasılığı daha yüksektir. Ardından aprazlama ve mutasyon işlemleri ile yeni nesiller oluşturularak tanımlanan uygunluk fonksiyonuna göre en iyi birey bulunmaya çalışılır (Daş, Türkoğlu ve Poyraz, 2006, s. 69).

Bu alışma kapsamında açıklanacak optimizasyonlarda kullanılacak Galapagos evrimsel çözücü bileşeni de benzer şekilde Genome girişine bağlanan değerler (arama uzayı) içinde arama yaparak Fitness girişine bağlı ifadeyi (uygunluk fonksiyonu) maksimum ya da minimum değerine ulaştırmaya çalışır.





Şekil 2.7. Genetik algoritmaların temel çalışma prensibi (Calapoğlu, Çeşmeli, Pençe ve Bozkurt, 2021, s. 347).

Genetik algoritma; doğal seleksiyon, çaprazlama, mutasyon gibi biyolojik evrimsel süreçlerden ilham alarak oluşturulan bir optimizasyon aracıdır. Algoritmanın çalışma süreci biyolojik süreçlerle benzerlik kurularak şu adımlarla özetlenebilir:

- **Başlangıç Popülasyonun Oluşturulması:** İlk adımda, rastgele bir başlangıç çözüm kümesi oluşturulur. Çözüm kümesi, popülasyon; kümedeki genellikle rastgele seçilmiş genlerden (veya özelliklerden) oluşan elemanlar ise birey olarak adlandırılabilir.
- **Bireylerin Uygunluk Değerlerinin Hesaplanması:** Popülasyondaki her birey uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirilir ve uygunluk fonksiyonuna göre popülasyondaki bireylerin ne kadar iyi olduğunu sayısal olarak ifade edilir.
- **Doğal Seleksiyon:** Doğal seleksiyonun prensiplerine benzer şekilde, uygunluk değerlerine göre bireyler seçilir. Bu adımda daha uygun (daha iyi) bireylerin seçilme olasılığı daha yüksektir.
- **Çaprazlama:** Seçilen bireyler arasında çaprazlama yapılır. Bu sayede, iki veya daha fazla çözümün genetik bilgileri birleştirilerek yeni çözümler oluşturulur, çeşitlilik artırılmış olunur.
- **Mutasyon:** Yeni oluşturulan bireylerin genetik materyali, belirli bir olasılıkla mutasyona uğratılır. Bu adımda bireylerin özelliklerinde rastgele değişiklikler yapılarak çeşitlilik artırılır.
- **Yeni Nesil Oluşturma:** Seçilen, çaprazlanan ve mutasyona uğratılan bireylerden oluşan yeni çocuklar elde edilir. Ardından elde edilen çocukların uygunluk değerleri ile popülasyondaki kromozomların uygunluk değerleri karşılaştırılır. Yeni çocukların uygunluk değeri, popülasyondaki kromozomlarınkilerden daha iyi ise bu kromozomlar elenir ve yerlerine yeni çocuklar alınır.
- **Durdurma Koşulunun Sağlanması:** Belirli bir durdurma koşulu sağlanana kadar (örneğin, belirli bir uygunluk seviyesine ulaşma veya belirli bir nesil sayısına ulaşma); doğal seleksiyon, çaprazlama, mutasyon ve yeni nesil oluşturma döngüsü tekrarlanır. Bu sayede problem için en iyi çözüme yaklaşılması hedeflenir (Hassanat vd., 2019; Lambora, Gupta & Chopra, 2019).

## 2.4. Yapay Zekâ Uygulamaları

Yapay Zekâ, günümüz insanların hayatlarındaki etkisi gittikçe artan, çok önemli potansiyeller taşıdığı öngörülen ve hızlı bir şekilde gelişmeye devam eden bir bilim dalıdır. Elektronik devrelerin, veri setlerini “insan gibi” yorumlamasını hedefleyen bu kavram; bilgiye erişimin kolaylaşmasına ve bilginin kayıt altına alınmasının ya da sayısal ortamda depolanan bilginin hızlı artışına paralel olarak ivmelenen bir gelişim gösterip daha fazla alan bulabilmektedir. Mühendislik, sanat, tıp gibi birçok disiplini etkileyen bu gelişmenin insanlığın yerini alması bile tartışma konusudur (Köroğlu, 2017; Arslan, 2020; Bilge, 2007).

Oldukça kapsamlı bir alan olan, birçok algoritmanın kullanıldığı, dahası kapsamında algoritma yazabilen sistemlerin üretildiği bu kavram; son yıllarda birçok popüler uygulamayı doğurmuştur. Aşağıda mimarlık ve diğer tasarım disiplinlerinde kullanım alanları bulabilecek yapay zekâ tabanlı bazı popüler servisler listelenmiştir:

- **ChatGPT:** OpenAI tarafından geliştirilen sohbet robotu, insan konuşmasını taklit edebilmekte ve kullanıcı tarafından verilen çeşitli görevleri yerine getirebilmektedir. ChatGPT’den bilgi verici kısa açıklama metinleri ya da hikayeler ve şiirler gibi yaratıcı metinler veya belirli konular hakkında makaleler/ özetler yazması istenebilir. Bunun yanında yazılımcılar, yazdıkları kodlardaki hataların nedenlerini ChatGPT’ye sorabilir veya amaçlarına uygun kodlar yazmasını isteyebilir. Ayrıca mimarlar veya diğer tasarımcılar; çeşitli sorular sorarak tasarım fikirleri alabilir, ChatGPT ile tasarım fikirleri konusunda bir tartışma ortamı yaratabilir, robottan çeşitli bilgiler edinebilirler. Ancak ChatGPT ve benzeri diyalog robotlarının vereceği bilgilerin her zaman doğru veya eksiksiz olmayabileceği unutulmamalıdır. (OpenAI, 2023).
- **Midjourney:** Kullanıcılar tarafından metin şeklinde girilen betimleme komutları ile görseller üretebilen bir yapay zekâ servsidir. DALL·E ve Photosop gibi benzer özelliklere sahip metinden görsel üreten bu tür uygulamalar; tasarımcılara, fikirlerini hızlıca ve zahmetsiz bir şekilde öngörme imkânı sunabilir. Örneğin yazar tarafından Midjourney’e sadece “/imagine prompt A comfortable cafe with modern and minimalist design, a bright environment, there is a shelf on the wall, the floor is covered with dark ceramics, plants and large windows are used in the interior.” metin mesajı gönderildiğinde yapay zekâ tarafından sadece bir dakika içerisinde üretilen

dört farklı görselden biri Şekil 2.8’de verilmiştir. Elde edilen görselde değiştirilmek istenen öğeler, metin revize edilerek veya detaylandırılarak değiştirilebilir. Bu şekilde, Midjourney ve benzeri uygulamalar, mimarlar için fikirlerini olgunlaştırma sürecinde önemli rol oynayabilir veya tasarımcılara başka yeni fikirler bulmaları konusunda katkı sağlayabilir.



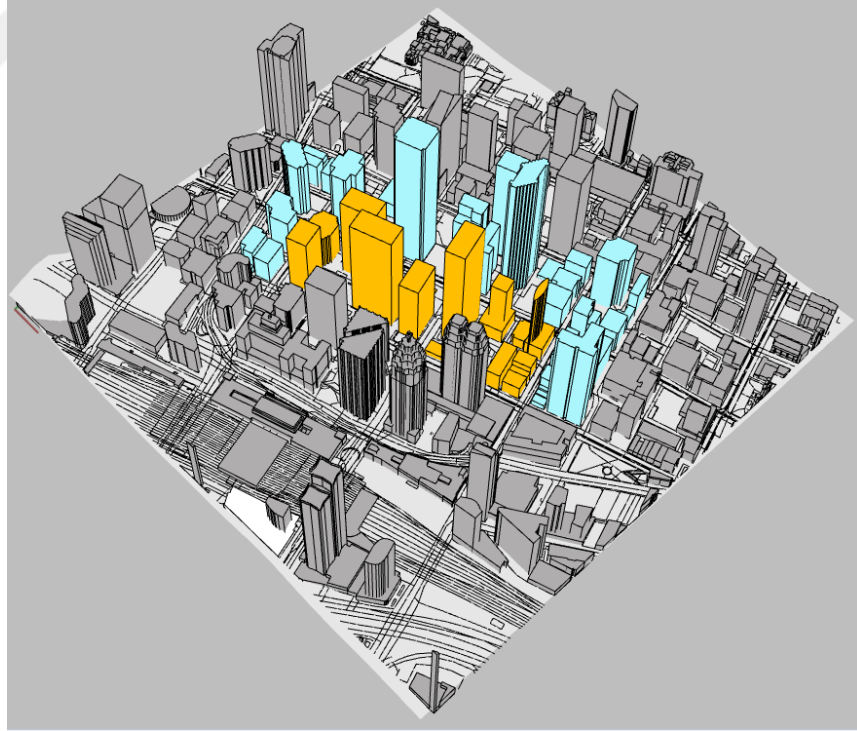
Şekil 2.8. Sadece metin ile betimleme yapılarak Midjourney yapay zekâ aracı tarafından üretilmiş bir kafe görüntüsü.

- **Veras:** EvolveLAB tarafından geliştirilen yapay zekâ uygulaması; malzeme ve detayları işlenmemiş ham üç boyutlu dijital veya fiziksel model görsellerinden ya da el ile çizilmiş eskiz çalışmalarından yapay zekâ ile gerçekçi alternatif görüntüler üretebilmektedir (EvolveLAB, 2023).

## BÖLÜM 3

### MATERYAL

Bu çalışmada parametrik modeller elde etmeye yönelik yazılım ve eklentiler, simülasyon araçları ve seçilen yapı grubunun bulunduğu Toronto kentinin OneBuilding veri tabanından indirilmiş hava durumu dosyaları ile OpenStreetMap (OSM) isimli açık kaynak haritacılık uygulamasından çekilen verilerle üretilmiş modeller kullanılmıştır (Şekil 3.1).



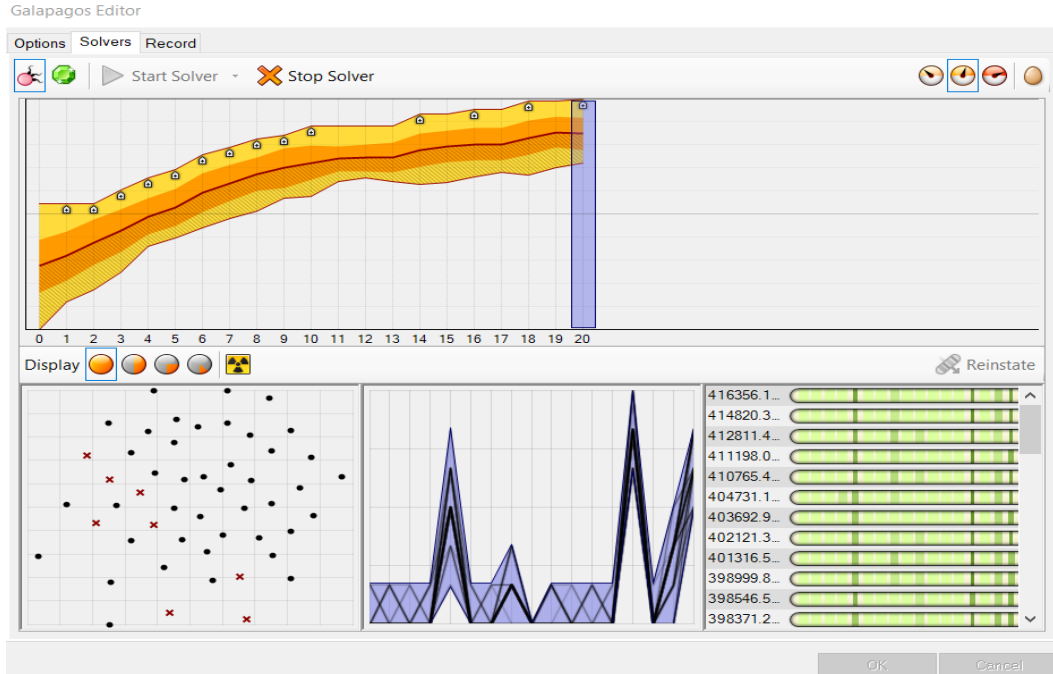
Şekil 3.1. Optimizasyonu yapılacak yapı grubunun bulunduğu alanın OSM ve SkyscraperPage veri tabanları kullanılarak üretilen modeli.

### 3.1. Kullanılan Yazılımlar

Araştırma süreci boyunca; Rhino 3D modelleme aracı, Grasshopper görsel programlama eklentisi ve Radiance analiz programını bu eklentiye bağlayabilmek için LadybugTools bileşenleri kullanılmıştır. Kütle optimizasyonları Galapagos evrimsel çözücü bileşeni kullanılarak yapılmıştır.

Galapagos bileşeni; kullanıcı tarafından değişken olarak belirlenen parametreleri, yine kullanıcının belirlediği aralıklarda değiştirerek en uygun kombinasyona ulaşmaya çalışır. Bu bileşen sayesinde özellikle iklim koşullarının analizlerine bağlı optimizasyon çalışmalarında çok yüksek sayıdaki kombinasyon olasılıklarının her biri için ayrı ayrı çözümlenme yapma ihtiyacı ortadan kalkmış olur. Bu sayede çok sayıda ve geniş değer aralıklarında parametreler içeren problemlerin optimizasyonunu gerçekleştirmek pratik olarak mümkün hale gelir.

Ayrıca tasarımcı, Galapagos bileşeninin editör penceresi (Şekil 3.2) ile optimizasyon sürecini takip edebilir. Tasarım hedeflerine göre uygun görünen noktada süreci durdurabilir veya süreç sonunda diğer varyasyonları değerlendirebilir.



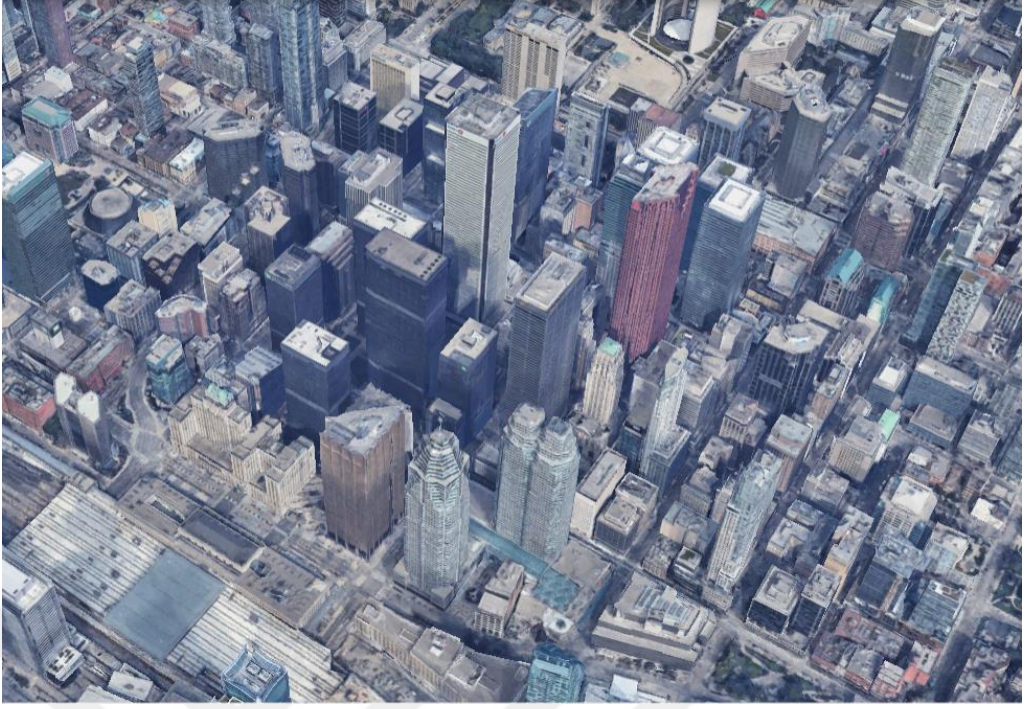
Şekil 3.2. Galapagos evrimsel çözücünün grafik arayüzü. Bu arayüzde optimizasyon grafiği, üyelerden oluşan havuz, parametreler ve havuzdaki her üyenin uygunluk değerleri görülebilir.

### 3.2. Optimizasyonu Yapılacak Yapı Grubu

Galapagos bileşeni sadece bir uygunluk girişine (Fitness Input) sahiptir. Bu durumda bileşen, bu girişe bağlanan yalnızca bir fonksiyonu maksimum ya da minimum değerine ulaştırmaya çalışır. Ancak çok kriterli problemlerin optimizasyonu yapılırken, tanımlanacak bir “uygunluk fonksiyonu” yardımıyla ilgili parametrelerin tamamını aynı anda değerlendirmek mümkün hale gelebilir. Örneğin bu çalışmadaki gibi Güneş radyasyonu kriterine bağlı optimizasyonlar yapılırken farklı mevsimlere göre istenen ve istenmeyen ısı kazanımlarını çıkarma fonksiyonuna bağlamak yeterli olabilir. Bu sayede yaz ve kış koşullarını birlikte değerlendirmek mümkün hale gelir. Ancak böyle bir yaklaşımla hazırlanacak optimizasyon çalışmalarında her bir kriter için ayrı ayrı optimum sonuçlara ulaşılması beklenmez. Bu şekilde bir yürütülen bir optimizasyon yaklaşımında tüm periyotlardaki toplam performans esastır.

Bu çalışmada sunulacak iki farklı alternatif yaklaşımda ise, elde edilen sayısal sonuçları açık bir şekilde karşılaştırılabilmek ve her bir alternatifin yaz ve kış koşullarına göre ayrı ayrı simülasyonlarını yapmaktan kaynaklanacak ek zaman kayıplarının önüne geçmek için sadece bir kritere yönelik çalışılması kararlaştırılmıştır. Bu doğrultuda; çalışmanın yapılacağı yer için, yıllık sıcaklık verilerine göre (climate-data.org, 2023) kış mevsiminde güneş ışınımı etkinliğini artırmaya yönelik bir optimizasyon çalışmasının, yaz aylarında aşırı ısı kazanımlarına neden olmayacağı Kanada- Ontario eyaletinin başkenti Toronto seçilmiştir.

Yine aynı şehirde farklı parametrik modeller üretme esnekliği sağlanabilmesi ve değişken bina formlarının birbirileri üzerindeki etkilerinin değerlendirilebilmesi için yüksek yapılaşmanın olduğu ve yapıların birbirilerine yakın konumlandığı bir bölge tercih edilmiştir. Ayrıca bina yüksekliklerine bağlı bir optimizasyon çalışmasının etkilerini ortaya koyabilmek için binaların farklı yüksekliklere sahip olması istenmiştir. Bu doğrultuda; gökdelenlerin yoğun olarak bulunduğu Financial District bölgesinde, King Street West, Wellington Street West, York Street ve Yonge Street aksları arasındaki iki ada ele alınmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Optimizasyonu yapılacak yapı grubunun bulunduğu Financial District merkezi iş alanının görüntüsü (Google Earth, 2023).

## BÖLÜM 4

### YÖNTEM

Bu çalışmada; optimizasyon süreci ile elde edilecek sonuçların mevcut yapılaşma morfolojisi ile karşılaştırılması ve bu doğrultuda ele alınacak yapı grubunun farklı geometri özelliklerine bağlı olası senaryoların değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında, cephe elemanlarının; farklı renk, yansıtıcılık, geçirgenlik gibi özellikleri ihmal edilerek sadece kütle geometrisine bağlı oluşacak kompozisyonların güneş ışığı etkinliğine yönelik potansiyeli araştırılmıştır.

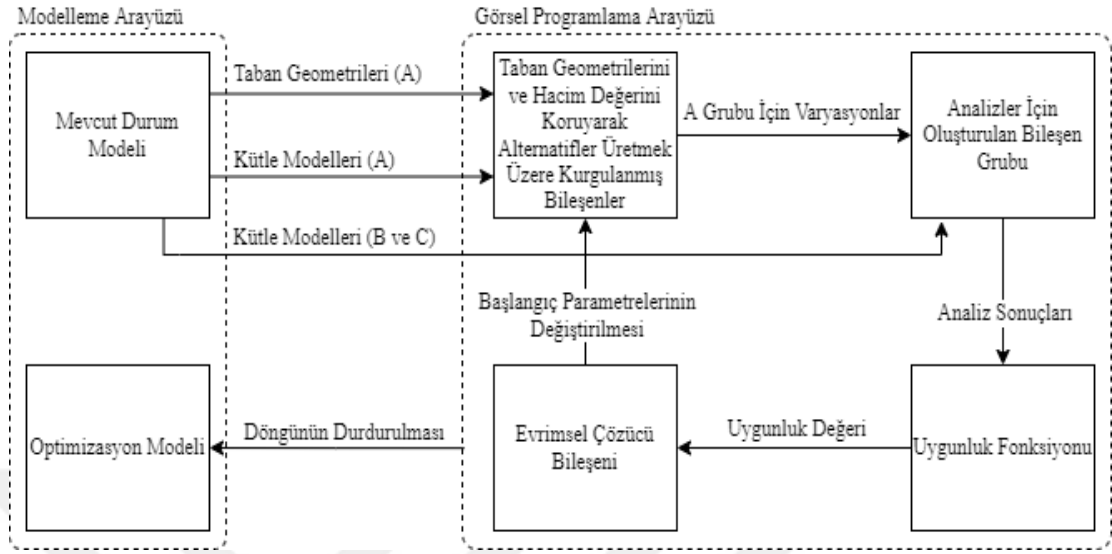
Binaların; bulunduğu çevredeki yollar, metro çıkışları, binalar arasındaki bağlantılar gibi olası kentsel birimlerle ilişkilerinin korunması istendiği için taban geometrileri korunarak sadece bina yükseklikleri optimize edilmiştir. Ancak kütle geometrisine bağlı bir optimizasyon çalışmasında, yapıların; konum, doğrultu, yükseklik, taban ve cephe geometrisi gibi her bir özelliğini bir arada veya ayrı ayrı ele almak mümkündür.

Seçilen yapıların yükseklik değerleri optimize edilirken yapı grubunun toplam inşaat yoğunluğunu kat sayılarından bağımsız olarak korumak için seçilen 17 kütle için toplam hacim değeri oturma alanlarına dağıtılmıştır. Bu sayede sabit hacimde farklı bina yükseklikleri elde edilebilmiştir. Bu yaklaşımda yoğunluğun 17 kütleye dağılımının dengeli tutulması amacıyla her kütle için 7 farklı “yükseklik seviyesi” belirlenmiştir. Bu sayı optimizasyon hedeflerine göre istenildiği kadar artırılabilir. Yükseklik seviyelerinin sayısını artırmak bir anlamda optimizasyonun çözünürlüğünü artırmayı ifade eder. Ancak seviye sayısının çoğaltılması; optimizasyon sonunda, binalar arasındaki yükseklik farklarını tasarım hedeflerine göre istenmeyen düzeyde artırabilir.

Aynı yükseklik seviyesindeki binalar aynı yüksekliktedir ancak “yükseklik seviyeleri” belirli bir yükseklik değerini ifade etmez. Yükseklik seviyeleri, toplam hacim değerinin binalara dağılımı ile ilgilidir. Tek başına bir binanın seviyesinin düşürülmesi diğer binaların aynı yükseklik seviyelerinde kalarak yükselmesine neden olur. Bu şekilde toplam hacmin korunarak binalara parametrik olarak dağıtılması mümkün olur. Örneğin, tüm binaların yedinci yükseklik seviyesinde olduğu durumda hepsinin yüksekliği eşittir. Bu durumda içlerinden sadece birinin seviyesini 1’e düşürürsek geri kalan binalar yedinci seviyede kalmaya eder ancak seviyesi düşürülen binadaki hacmi karşılayacak kadar eşit miktarda yükselirler.

Seçilen yapı grubundaki binalar iki farklı değerlendirme yöntemiyle optimize edilmiştir. İlk yaklaşımda sadece seçilen binaların güneş radyasyonuna bağlı enerji kazanımlarının yükseltilmesi hedeflenirken diğer yaklaşımda seçilen yapılarla yakın ilişkili ancak mevcut durumu korunan binalar da değerlendirmeye dahil edilmiştir. Sonraki başlıklarda iki yaklaşımın aşamaları ve elden edilen sonuçların karşılaştırılması ayrıntılı olarak verilecektir.

Çalışmada kullanılan model, eklenti ve bileşenler arası temel veri akışını gösteren şema Şekil 4.1’de verilmiştir. Bu şemada “A”, farklı alternatiflerini üretmek üzere seçilen binaların parametrik kütle modellerini; “B”, A grubundaki kütlelerden gölge etkisi bakımından etkilenme olasılığı olan çevre binaları; “C” ise optimizasyon sürecinde A grubu kütlelerinden türetilebilecek farklı alternatiflerin performansını etkilemesi beklenmeyen ikincil çevre binaların modelini temsil etmektedir.



Şekil 4.1. Sunulacak her iki optimizasyon yaklaşımında kullanılan temel veri akış şeması. Çalışmada tek bir kriter değerlendirildiği için özel bir uygunluk fonksiyonu tanımlanmamıştır, şemadaki “uygunluk değeri” analiz sonuçlarına eşittir (birim fonksiyon).

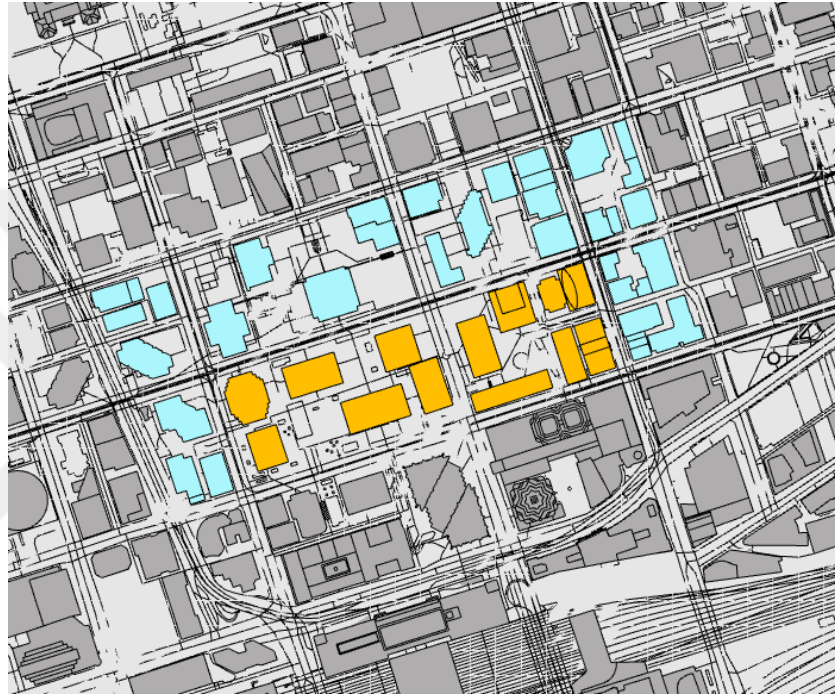
#### 4.1. Analizleri Yapılacak Bölge Modelinin Elde Edilmesi

Seçilen yapı grubu ve çevresindeki binaların modeli açık kaynak harita platformu OpenStreetMap veri tabanı üzerinden elde edilmiştir. Bu haritadan çekilen verileri birçok yöntem ile Rhinoceros 3D modeline dönüştürmek mümkündür. Örneğin Grasshoper’a yüklenecek Elk2 bileşenleri ile harita verileri doğrudan modellenebilir. Bu çalışmada ise yine OSM veri tabanını kullanan ve internet tarayıcısı üzerinden pratik bir şekilde modeller oluşturma olanağı sunan CADMAPPER aracı kullanılmıştır. Bu araç sayesinde indirilecek bölge pratik bir şekilde işaretlenebilir, modelin ön izlemesi yapılabilir ve istenilen veriler doğrudan AutoCAD, SketchUp, Rhinoceros veya Illustrator programlarına uygun formatlarda elde edilebilir.

Ancak indirilen modeldeki eksik yapılar veya güncel duruma uymayan binaların tespiti için SkyscraperPage veri tabanı kullanılmıştır. SkyscraperPage, yüksek yapılar hakkında bilgi toplayan ve bu verileri halka açık bir şekilde paylaşan bir emlak veri tabanı hizmetidir (SkyscraperPage, 2023). Çalışmada, OSM üzerinden elde edilen model ile SkyscraperPage verileri karşılaştırılıp optimizasyonu yapılacak binalar ile yakın ilişkili

eksik yapılar modellenmiş ve gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Sonraki aşamada seçilen binaların mevcut durumunun analiz sonuçlarını etkilememesi için bu binalar ayrı bir katmana alınmıştır. Ayrıca ilgili yapıların taban şekilleri korunacağından bu şekiller izole edilerek yine ayrı bir katmana taşınmıştır.

Son olarak, modeldeki kütleler farklı optimizasyon alternatiflerine yönelik üç farklı gruba ayrılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Optimizasyon çalışmalarının yapılacağı modelin plan görüntüsü. Farklı optimizasyon yaklaşımlarının gerçekleştirilebilmesi için modeldeki yapılar üç gruba ayrılmıştır: Parametrik kütle modellerinin bulunduğu A grubu (turuncu), parametrik modeller ile yakın ilişkili ve bu kütlelerin formundan güneş ışığı bakımından etkilenebilecek yapıların bulunduğu B grubu (mavi), diğer yapıların bulunduğu C grubu (gri).

#### 4.2. Optimize Edilecek Binaların Parametrik Modeli

Bu aşamada kat yüksekliklerine bağlı farklı tasarım alternatifleri üretebilmek için Grasshoper arayüzünde binaların parametrik modelleri üretilmiştir. Bunun için öncelikle seçilen yapıların kütle modelleri ve sabit kalacak taban geometrileri Grasshoper'a çekilmiştir.

Yine Grasshoper'da binaların mevcut durumlarının kütle modellerinden yapıların toplam hacmine ulaşılmış ve böylelikle korunacak hacim değeri belirlenmiştir. Ardından

her binaya farklı yükseklikler atanması için Galapagos evrimsel çözücünün “Gene Pool” bileşeni kullanılmıştır. Bu bileşen ile belirlenen aralıklarda, belirlenen adette sayıları tek bir çıkıştan (output) üretmek mümkündür. Bu çalışmada Gene Pool bileşeni, 17 kütle için yükseklik seviyelerini temsil etmek üzere 1-7 aralığında 17 adet tam sayı üretecek şekilde kurgulanmıştır. Bu şekilde Gene Pool bileşeninin, evrimsel çözücü bileşenine bağlanması; genetik algoritmaların 17 kütle için  $7^{17}$  (=232 630 513 987 207) elemanlı çözüm kümesi içinde arama yapması anlamına gelir. Değer aralığı genişletilerek (veya ondalık sayılar kullanılarak) optimizasyonun çözünürlüğünü arttırmak mümkündür. Ancak bu çalışmada bunu yapmak bazı binaların aşırı yükselmesi veya sifıra yakın hacim değerlerine ulaşacak kadar alçalması sonucunu doğurabilir. Gene Pool bileşeni daha sonra evrimsel çözücünün genetik input’una bağlanacaktır.

#### **4.3. Analiz ve Optimizasyonlar İçin Bileşenlerin Kurgulanması**

Elde edilen sabit ve parametrik modellerin analiz edilmesi için Ladybug Tools bileşenleri kullanılmıştır. Ladybug Tools kapsamında yayınlanan paketler; bilgisayar destekli tasarım araçlarının arayüzlerini Radiance, Daysim, EnergyPlus ve OpenStudio gibi çeşitli doğrulanmış günışığı ve enerji simülasyon motorlarına bağlayan bileşenlerden oluşur. Ladybug Tools projesi; Ladybug, Honeybee, Butterfly ve Dragonfly paketlerini kapsar (Ladybug Tools, 2023).

Analizlerin amacına uygun ve verimli olabilmesi için bileşenlerin Grasshoper ekranında doğru kurgulanması gerekir. Bu çalışmada, güneş ışığına bağlı ısı kazanımını iyileştirmek hedeflendiği için LB Incident Radiation bileşeni kullanılmıştır. Bu bileşenin açıklama kutusunda üretilen modellerin Radiance analiz uygulamasına bağlanarak; fotovoltaik paneller gibi solar enerji sistemlerinin analizi veya bina pencerelerinin ısıtma/soğutma maliyetlileri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi gibi çalışmalarda kullanılabileceği belirtilmiştir.

Ayrıca açıklama kutusunda bu bileşen tarafından gerçekleştirilen analizlere yansımaların dahil edilmediği belirtilmiştir. Ancak bu çalışmada net bir ölçüm yerine üretilen modellerden elde edilen sonuçların oransal değişimlerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bununla birlikte malzeme özelliklerinden bağımsız bir optimizasyon amaçlandığı için yansılardan kaynaklanan ısı kazanımlarının hesaplanmaması özellikle istenmiştir.

LB Incident Radiation bileşenin girişlerine analizi yapılacak geometrinin (\_geometry) ve bulunduğu bağlamın (context\_) modelleri ile LB Cumulative Sky Matrix bileşenin bağlanması gerekir.

Bu çalışmada “\_geometry” ve “context\_” input’ları iki farklı şekilde kullanılarak farklı tasarım alternatiflerinin üretilmesi hedeflenmiştir. Sadece parametrik kütlelerin (A grubu) performansını artırmaya yönelik ilk alternatif ve parametrik kütleler ile yakın ilişkili ancak mevcut durumu korunan (B grubu) binaların da performansının birlikte değerlendirildiği ikinci alternatif ilerleyen bölümlerde detaylı olarak açıklanacaktır.

LB Incident Radiation bileşenine bağlanması gereken Lb Cumulative Sky Matrix bileşeni ise analiz periyotlarını ve iklim verilerini girmek için kullanılır. Bu çalışmada iklim verileri input’larında kullanılmak üzere Toronto için OneBuilding veri tabanından indirilen EPW dosyası kullanılmıştır. İklim periyodunu ise saatlik, günlük, mevsimlik veya yıllık aralıklara göre belirlemek mümkündür.

Ancak Toronto kenti için iklim tablosu incelediğinde en sıcak ayın sıcaklık ortalamasının 21,9 °C en yüksek sıcaklık değerinin ise 25,6 °C olduğu görülmektedir. Bunun yanında yılın 6 ayında sıcaklık ortalamaları 10 °C’nin altındadır (Çizelge 4.1). Dolayısıyla bu çalışmada sadece ısı kazanımlarının yükseltilmesi hedeflenmiş ve tek bir periyot belirlenmiştir. Bu doğrultuda tüm yılı veya bir mevsimi kapsayan uzun bir periyot yerine daha pratik olacağı için yılın en soğuk ayından bir gün seçilerek değerlendirme yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Toronto iklim tablosu (climate-data.org, 2023).

AYLAR	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Ortalama Sıcaklık (°C)	-4.4	-4.4	-0.3	5.8	12.3	18.2	21.9	21.5	18.2	11.4	5	-0.6
Minimum Sıcaklık (°C)	-7.2	-7.7	-3.7	2.3	8.6	14.6	18.3	18.2	15.1	8.8	2.6	-2.9
Maksimum Sıcaklık (°C)	-0.9	-0.3	3.9	10.1	16.5	22	25.6	25	21.6	14.5	7.9	2.2
Yağış (mm)	64	54	59	80	76	81	74	69	73	78	69	68
Nem (%)	72%	69%	68%	68%	70%	72%	69%	70%	71%	72%	75%	73%
Yağmurlu günler	8	6	7	8	8	8	7	7	7	7	7	8
Güneşli saatler	3.8	5.0	6.8	8.2	10.0	10.9	11.4	10.0	8.0	5.8	4.5	3.3

Daha sonra Galapagos bileşeni tarafından farklı parametreler denenerek üretilecek modellerin analiz sonuçları, evrimsel çözücünün “fitness” girişine bağlanmıştır. Bu şekilde evrimsel çözücünden bu sonuçları iyileştirmesi istenmiştir. Ayrıca optimizasyon boyunca elde edilen sonuçların kaydının tutulabilmesi için aynı sonuçlar “data recorder” bileşenine de bağlanmış, bu sayede elde edilen analiz sonuçlarının CSV dosyalarına aktarılması sağlanmıştır.

#### 4.4. Optimizasyon İçin Sınırlayıcı Parametreler

Optimizasyon çalışmalarında tutarlı ve çalışmanın amacına uygun sonuçlar elde edebilmek için arama uzayında bazı kısıtlamalara gidilmesi gerekebilir. Bu çalışmadaki algorithmada optimizasyon sürecinin doğru yönetilmesi için kullanılan aşağıdaki sınırlamalar birer sınırlandırıcı parametre olarak değerlendirilebilir:

- **Sabit kütle taban geometrileri:** Bu çalışmada yerleşim planındaki işlerliğinin bozulmaması ve arama uzayının daraltılabilmesi için optimize edilecek kütlelerin taban şekilleri korunarak sadece yüksekliğe bağlı bir optimizasyon yürütülmüştür.
- **Sabit toplam hacim:** Çalışmada mevcut durum ile bir kıyaslama yapıldığı ve yapı yoğunluğunun korunması hedeflendiği için optimize edilecek kütlelerin toplam hacmi sabit tutulmuştur.
- **Sınırlı sayıda yükseklik seviyesi:** Optimizasyon sonucunda bazı kütlelerin aşırı yükselmesini engellemek, yükseklik dağılımını dengeli tutmak ve optimizasyon sürecinin kısa tutulabilmesi için toplam hacmin dağılımını 7 yükseklik kademesi kullanılarak yapılmıştır. Yükseklik seviyesinin artırılması, daha fazla analiz yapılarak daha detaylı bir arama yapılması anlamına gelecektir. Ancak bu durumda analizler için harcanan sürede de ciddi artışlar olacaktır.
- **Sınırlı analiz periyodu:** Çalışmada yılın tüm günleri için analiz yapılması, süreci çok fazla uzatacağı için optimizasyon hedefi doğrultusunda bina performansı açısından kritik görünen bir zaman aralığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda, sıcaklık ortalaması en düşük ay olan şubat ayının 15'i seçilmiş ve aynı gün için 07.00-18.00 saatleri arasındaki zaman dilimine göre analizler yapılmıştır.

Bu kısıtlamaların arama uzayını daraltarak iyileştirilmesi hedeflenen güneş ışınımı analiz sonuçlarını olumsuz yönde etkilemiş olması olasıdır. Ancak daha geniş bir arama uzayı, analizlere bağlı bu tür bir optimizasyon sürecini çok fazla uzatabilir. Ayrıca geometrik kısıtlamaların azaltılması, sonuç ürün için istenmeyen farklı tasarım problemleri içeren formlar ortaya çıkabilir.

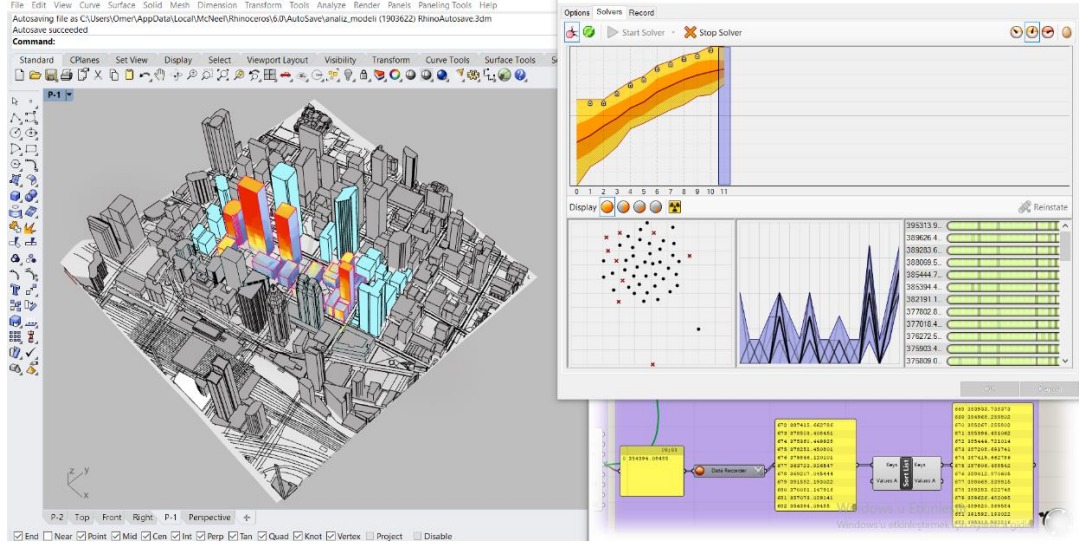
#### 4.5. Tasarım Alternatiflerinin Elde Edilmesi

Çalışma kapsamındaki ilk yaklaşımda (Alternatif-1), sadece parametrik olarak üretilecek A grubundaki yapıların güneş ışınımı verimliliğini artırmak hedeflenmiştir. Diğer bir deyişle, seçilen 17 binanın optimum yükseklik dağılımı aranırken sadece bu binaların performansı belirleyici olmuştur (Şekil 4.3).

Alteranatif-1’de binaların güneş ışığını en çok alan bölgelerde daha fazla yükselmesi beklenir. Ancak yükselen binaların ilişkili olduğu parsellerdeki sabit binalar üzerindeki gölgeleme etkisi ihmal edilir. Bu alternatifte parametrik kütlelerin optimum durumu, yakın ilişkili sabit binaların etkinliğini istenmeyen seviyelere düşürebilir. Bunun ötesinde A grubundaki parametrik modeller büyük oranda performans artışı gösterse bile tüm kütlelerin (sabit ve parametrik) toplam performans değerlendirmesinin ilk duruma göre daha olumsuz sonuçlar verme ihtimali vardır.

Bu durumun önüne geçmek için hazırlanan Alternatif-2’de ise hem A grubundaki 17 kütle hem de sabit ancak parametrik modellerden etkilenebilecek B grubundaki binaların performansı aynı anda hesaplanır. Alteranatif-2’de A grubu binalarının Alternatif-1’e göre daha düşük performans göstermesi beklenir. Dahası; parametrik kütlelerin optimizasyon sonrası performansının, mevcut durumdan bile daha olumsuz sonuçlar verme ihtimali söz konusudur. Ancak Alternatif-2’de A, B ve C gruplarındaki tüm kütlelerin “toplam” performansının artış göstermesi beklenir.

Her iki alternatif de aynı iş akışı kurgusuna uygundur. Sadece, Alternatif-2’nin üretilebilmesi için parametrik kütlelerden etkilenebilecek yapıların da işaretlenmesi gerekir. Bu sebeple analiz modelindeki yapılar; parametrik kütle modelleri (A), A grubundaki yapılardan etkilenebilecek ancak sabit tutulan kütle modelleri (B), ve diğer yapıların kütle modelleri (C) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. A grubundaki kütle modelleri; her iki durumda da “LB Incident Radiation” bileşeninin “\_geometry” girişine bağlanır. Bununla birlikte her iki alternatifte de diğer yapılar (C) “context\_” girişine bağlanır. Ancak B grubundaki kütlelerin; “context\_” girişine bağlanmasıyla Alternatif-1, “\_geometry” girişine bağlanmasıyla da Alternatif-2 elde edilmiş olur.



Şekil 4.3. Alternatif-1'in optimizasyon süreci, Rhinoceros (sol), Galapagos (sağ üst) ve Grasshopper (sağ alt) pencereleri. Soldaki ekranda radyasyon gradyanının sadece A grubu kütlelerine işlendiği görülmektedir.

## BÖLÜM 5

### MEVCUT DURUM ve OPTİMİZASYON MODELLERİ

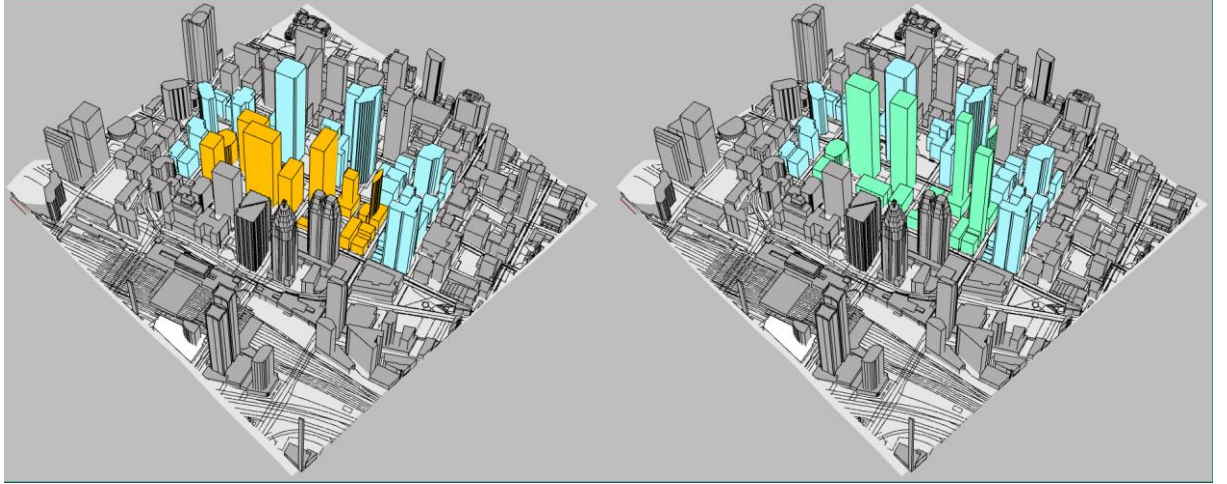
#### 5.1. Mevcut Durum

Optimizasyon işleminden önce mevcut durumu gösteren model incelendiğinde tüm binaların farklı yüksekliklerde olduğu görülmektedir. Bununla birlikte optimize edilecek yapı grubundaki binalar, yükseklik bakımından belirli odaklar oluşturmamakta ve kademeli bir düzen söz konusu değildir. Yükseklik dağılımı heterojendir ancak dağılımın dengeli olduğu söylenebilir. Mevcut durum modelinde A grubundaki en yüksek bina 239 metre, en alçak bina ise 15 metredir.

#### 5.2. Alternatif-1

Sadece parametrik kütle modellerinin bulunduğu A grubunun güneş ışığı etkinliğine dayanan optimizasyon yaklaşımıyla elde edilen modelde; 5 kütlelerin yedinci yükseklik seviyesine yükseldiği kalan 12 kütlelerin ise birinci yükseklik seviyesinde kaldığı görülmektedir (Şekil 5.1). En düşük seviyedeki yapıların yüksekliği 42.189 metre iken yedinci seviyedeki kütlelerin yüksekliği ise 295.326 metre olmuştur.

Bu yaklaşımla üretilen modelde, yapıların gölge etkisine daha az maruz kalan kuzey aksında yoğunlaştığı ancak belirli bir odak oluşturmadığı görülmektedir. Ayrıca ara yükseklik seviyelerinde hiçbir yapı bulunmamasına rağmen 5 kütlelerin birden en yüksek seviyeye ulaşması sayesinde kütlelerde aşırı yükselme söz konusu değildir. Ancak 7 kademeli yükseklik seviyelerinin bulunduğu bu modelde; sadece bir kütlelerin en yüksek seviye ulaşması ve diğer tüm yapıların birinci seviyede kalması durumunda, son seviyeye ulaşan kütlelerin taban alanına bağlı olarak en yüksek yapı 652.251 metreye kadar yükselebileceği ihtimali söz konusudur.

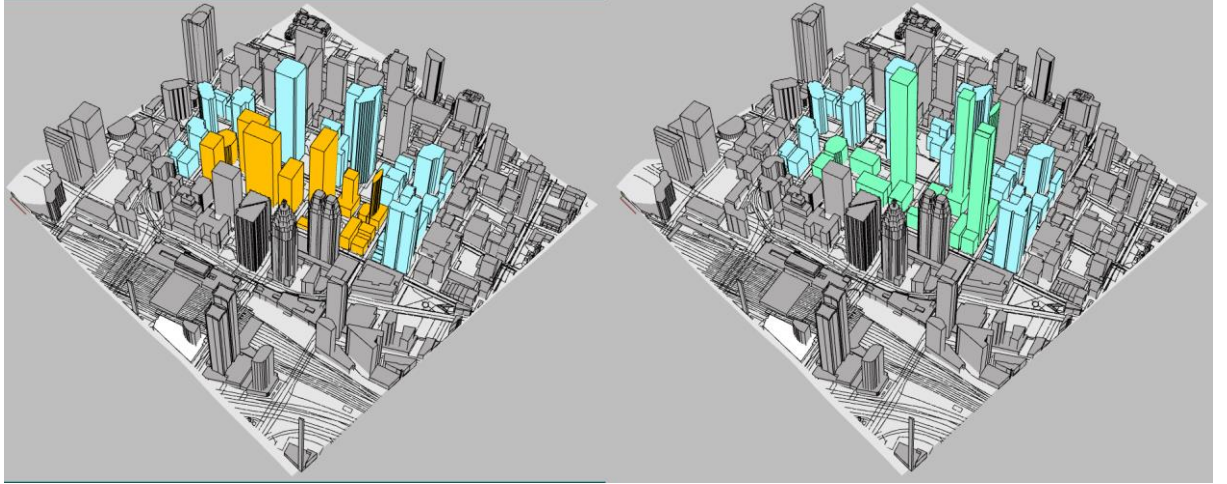


Şekil 5.1. Parametrik A grubu kütle modellerinin mevcut durumu (turuncu) ile Alternatif-1'e göre optimize olduktan sonraki durumu (yeşil).

### 5.3. Alternatif-2

A ve B gruplarının güneş ışınımı etkinliğinin birlikte değerlendirildiği bu yaklaşımda 5 kütle yedinci yükseklik seviyesine ulaşmış, kalan 12 kütle ise birinci seviyede kalmıştır (Şekil 5.2). Yükselen kütlelerden dört tanesi ilk alternatifteki ile aynı kütlelerdir. Ancak bu yaklaşımda A grubuna yapılan gölge etkisi ile beraber A grubunun da çevresine yaptığı gölge etkisi değerlendirildiği için diğer kütle bu etkiyi azaltacak şekilde seçilmiştir.

Genetik algoritmaların bu yaklaşım için önerisinde, yedinci seviyedeki kütlelerin yüksekliği 351.426 metre iken diğer kütleler için yükseklik değeri 51.632 metre olmuştur. Bu öneride yapılaşma yoğunluğunun, bahsedilen gölgeleme etkisi sebebiyle; arazi kuzeyinde yapı yoğunluğunun daha düşük (dolayısıyla daha az yüzey alanına sahip) olduğu bölgeye doğru kaydığı gözlemlenmektedir.



Şekil 5.2. Parametrik A grubu kütle modellerinin mevcut durumu (turuncu) ile Alternatif-2'ye göre optimize olduktan sonraki durumu (yeşil).

#### 5.4. Sunulan Yaklaşımlarda Ortaya Çıkabilecek İstenmeyen Durumlar İçin Öneriler

Çalışmada sunulan iki yaklaşımda da çevresel koşullara bağlı olarak genetik algoritmaların tasarım hedeflerine uymayan, yasal engelleri olan veya bütçe sınırlarını aşan modeller üretme ihtimali söz konusudur. Örneğin algoritma, sadece bir kütle konumunun diğerlerine göre çok daha elverişli olduğu başka bir bölgede kullanıldığında tüm yoğunluğu bir kütlede toplamaya çalışabilir. Böylelikle tüm kütleler minimum yükseklik kademesinde kalırken sadece bir kütle en üst yükseklik kademesine ulaşarak istenmeyen düzeyde yükselebilir. Nitekim Alternatif-2'deki yedinci seviyeye ulaşan kütlelerin yüksekliği, analiz için seçilen 1 km<sup>2</sup>'lik alanın en yüksek değerine ulaşmıştır. Bunun yanında, daha geniş kapsamlı bir optimizasyon çalışmasında, kütlelerin belirli odaklar oluşturarak trafik ve alt yapı projeksiyonlarına uygun olmayan sonuçlar verme ihtimali söz konusudur.

Ancak yükseklik dağılımlarını daha dengeli hale getirmek için farklı yöntemler uygulanabilir. Örneğin, binaların eşit yükseklikte olması durumundaki geometrik merkezi ile optimizasyon sonucundaki durumun geometrik merkezi arasındaki mesafeyi bir uygunluk fonksiyonunda kullanmak mümkündür. Bunun için hem radyasyon değerini hem de merkezler arası mesafeyi 0-1 aralığına getiren bir fonksiyon (Sigmoid Fonksiyonu gibi) kullanıldıktan sonra elde edilen sonuçlar, kriterlerin önemine göre belirli kat sayılar ile çarpılır ve birbirinden çıkarılabilir. Bu şekilde üretilen bir uygunluk fonksiyonu

sayesinde, genetik algoritmalar bir yandan güneş ışıını etkinliğini artırmaya çalışırken bir yandan binaların dengeli dağılımını korumaya çalışır.

Ayrıca benzer şekilde uygunluk fonksiyonu kullanımı ile alt yapı ve ulaşım gibi kriterler sürece dahil edilerek yükseklik dağılımları dengelenebilir. Bu çalışma, binaların sadece güneş ışığına bağlı performanslarını değerlendirmek üzere yapıldığı için uygunluk fonksiyonuna farklı kriterler dahil edilmemiştir. Bu gibi durumlarda ise sürecin başında alt ve üst sınırları belirlemek bir çözüm olabilir veya daha önce bahsedildiği gibi yükseklik seviye sayısı azaltılarak kütleler arası yükseklik farkları düşürülebilir. Ancak tüm bu müdahalelerin optimizasyon verimliliğini seçilen ana kriter için düşürebileceği unutulmamalıdır.

## **5.5. Bulgular**

Bu başlıkta, OpenStreetMap veri tabanı üzerinden elde edilen ve bölgenin mevcut durumunu ifade eden model ile Alternatif-1 ve Alternatif-2'deki yaklaşımlarla ulaşılan modellerin güneş ışıını analizlerinin sayısal sonuçları (Çizelge 5.1) ile bu sonuçların mevcut durum ile karşılaştırılması (Çizelge 5.2) verilmiştir. C grubundaki kütleler sadece A ve B gruplarına yaptığı gölgeleme etkisi bakımından değerlendirildiği ve bu kütlelerin cephelerindeki güneş ışıını değerleri değişmediği için tablolarda bu kütlelere ait değerlere yer verilmemiştir.

Yapılan analizlerde yansılardan kaynaklanan enerji kazanımlarının ihmal edilmiştir. Ayrıca analiz periyodu, ortalama sıcaklık değerlerine göre yılın en soğuk ayı olan şubat ayının 15'inde 07.00-18.00 saatleri arası değerlendirilecek şekilde belirlenmiş ve analizler havanın genellikle yağışlı ve kapalı olduğu Toronto kenti verileri kullanılarak yapılmıştır.

Tablolar incelendiğinde, optimizasyon çalışmalarının özellikle A grubu yapıları için oldukça kritik sonuçlar verdiği görülmektedir. Ayrıca sadece A grubundaki kütlelerin performansına yönelik hazırlanan Alternatif-1'deki sonuçtan tüm modelin olumlu etkilenmesi ve Alternatif-2'nin bütüncül yaklaşımına rağmen A grubu kütlelerine ait değerlerde %37 artış dikkat çekmektedir.

Son olarak her iki alternatifte de performans yönünden bütüncül olarak önemli artışlar yakalanmış olmasına rağmen seçilen alanın komşu parsellerindeki kütlelerde

mevcut duruma göre performans düşüşleri görülmüştür. Bu durumun tasarım hedeflerine uymaması veya olası yasal engellerle karşılaşılması halinde süreç başlangıcında komşu kütlelerin performansını etkilememesi için kullanılacak algorithmada limitler konularak bu problemi engellemek mümkündür. Bu çalışmada bütüncül kazanımlar önemsedığı için böyle bir limit konulmamıştır.

Çizelge 5.1. Mevcut durum modelinin ve optimizasyonlarla elde edilen alternatif modellerin güneş ışınımı analiz sonuçları (kWh).

	Mevcut durum	Alternatif-1	Alternatif-2
Parametrik kütleler (A)	347,586	485,369	477,653
Etkilenebilecek sabit kütleler (B)	571,336	516,539	559,535
A ve B gruplarının toplamı	918,922	1.001,908	1.037,188

Çizelge 5.2. Mevcut durumun analiz sonuçları (kWh) ve optimizasyonlarla elde edilen alternatif modellerin güneş ışınımı analizlerinin mevcut durum ile karşılaştırması.

	Mevcut durum	Alternatif-1	Alternatif-2
Parametrik kütleler (A)	347.586	%40 artış	%37 artış
Etkilenebilecek sabit kütleler (B)	571.336	%10 azalma	%2 azalma
A ve B gruplarının toplamı	918.922	%9 artış	%13 artış

## BÖLÜM 6

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Görsel programlama dilleri, karmaşık tasarım problemlerinin kontrollü bir şekilde yönetilmesi konusunda tasarımcılar için önemli bir yardımcı araç niteliğindedir. Bu araçlar sayesinde bir kez kurgulanacak bir yaklaşım ile kısa süreler içinde çok sayıda alternatif içeren önemli bir çözüm havuzu elde etmek mümkündür. Ayrıca görsel programlama araçlarının analiz programları ile veri alışverişi yapabiliyor oluşu, tasarımcının alternatifler arasındaki karşılaştırma ve kararlaştırma eylemlerini nicel veriler ile destekler. Ancak birçok durumda elde edilebilecek tüm alternatiflerin analizlerinin yapılması pratik olarak mümkün değildir. Böyle durumlarda genetik algoritmaları kullanmak, tüm olasılıkların analizinin yapılma ihtiyacını ortadan kaldırarak optimizasyon süreçlerini daha verimli hale getirebilir.

Örneğin bu çalışmada 7 yükseklik seviyesi atanan 17 kütle için  $7^{17}$  (=232 630 513 987 207) farklı kombinasyon söz konusu iken Alternatif-1'de sadece 4628. denemede güneş ışınım değeri 347,586 kWh'den yaklaşık %40 artış göstererek 485,369 kWh'e yükselmiştir. Tüm olasılıkların sayısına oranla oldukça az sayıda denilebilecek deneme ile böyle bir artışın yakalanması; genetik algoritmaların, mimari ve kentsel tasarım süreçlerinde harcanan zaman ve sonuç ürün performansı bağlamında etkili sonuçlar verebileceğini göstermektedir.

Artan çevresel sorunlar ve kentleşme oranlarındaki hızlı artış, kentsel tasarım alanında hızlı ve rasyonel sonuçlar üretebilen yaklaşımların gerekliliğini işaret etmektedir. Bu çalışmada önerilen sürecin sayısal sonuçları göz önünde bulundurulduğunda; yaklaşımın, bina kütle özellikleri ile ilgili sınırlamalar getiren imar planı ve mevzuat çalışmalarına entegre edilebilmesi halinde önemli katkılar

sağlayabileceği veya büyük ölçekli projelerde temel kararların verilmesi aşamasında önemli bir yönlendirici olarak kullanılabilmesi görülmektedir.

Çalışmada, aşırı yüksek kütlelerin ortaya çıkmasını engellemek ve dağılımı dengeli tutmak amacıyla “yükseklik seviyesi” sayısının yedi ile sınırlandırılmasının, elde edilen sonuçları önemli derecede etkilemiş olması olasıdır. Değişkenler için eklenecek sınır değerleri veya sürece eklenebilecek diğer kriterler, haliyle en iyi çözümü bulma olasılığını düşürecektir. Ancak ilgili tasarım süreçlerindeki kriterlerin çokluğu ve karmaşıklığı düşünüldüğünde, bu tür yaklaşımların daha çok önem kazanabileceği belirtilmelidir. Çalışmada değinildiği gibi yaklaşımın sunduğu esneklik sayesinde, sadece ilgili diğer kriterler kullanılarak kurgulanacak uygunluk fonksiyonlarının eklenmesi ile sürecin kapsamını genişletmek mümkündür.

Bunun yanında çalışma alanının genişletilmesi durumunda genetik algoritmaların değerlendirme yapacağı çözüm havuzu da genişleyecektir. Bu genişleme, en iyiyi bulma ihtimalini artırarak, tasarımcı tarafından optimizasyon sürecine dahil edilebilecek diğer sınırlamalardan kaynaklanabilecek olumsuz etkiyi azaltabilir hatta dengeleyebilir.

Ayrıca sadece bina yüksekliklerine bağlı bir optimizasyon çalışmasında oldukça önemli sonuçların elde edilmesi dikkat çekmektedir. Bu durum diğer değişkenlerin de (konum, doğrultu, malzeme vb.) bu sürece dahil edilerek tasarlanması halinde ulaşılabilecek değerler ile ilgili ipucu verir.

## KAYNAKLAR

- Abd Elrahman, A. S., ve Asaad, M. (2021). Urban design & urban planning: A critical analysis to the theoretical relationship gap. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 1163-1173.
- Arslan, K. (2020). Eğitimde yapay zekâ ve uygulamaları. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(1), 71-88.
- Bilge, U. (2007). Tıpta yapay zekâ ve uzman sistemler. Türkiye Bilişim Derneği Kongresi, 113-118.
- Birleşmiş Milletler. (2022). World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities.
- Birleşmiş Milletler. (2019). 31 Ekim 2023 tarihinde <https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/goal-11/> adresinden erişildi.
- Calapoğlu, A., Çeşmeli, M. Ş., Pençe, İ., ve Bozkurt, Ö. Ç. (2021). Siparişe Göre Üretim Yapan Firmalarda Sipariş Sıralaması ve Teslim Tarihi Problemi İçin Bir Karar Modeli. *Acta Infologica*, 5(2), 14-15.
- climate-data.org. (2023). 31 Ekim 2023 tarihinde <https://tr.climate-data.org/kuzey-amerika/kanada/ontario/toronto-53/> adresinden erişildi.
- Daş, R., Türkoğlu, İ., ve Poyraz, M. (2006). Genetik Algoritma Yöntemiyle İnternet Erişim Ka Yıtlarından Bilgi Çıkarılması. *Sakarya University Journal of Science*, 10(2), 67-72.
- Dinçer, S. G. (2021). Benzer Geometrik Şemaya Sahip Mukarnas Tasarımlarının Karşılaştırmalı Analizi. *Art-e Sanat Dergisi*, 14 (27) , 574-587 . DOI: 10.21602/sduarte.868075
- Emel, G. G., ve Taşkın, Ç. (2002). Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 129-152.

- EvolveLAB. (2023). Veras. 1 Kasım 2023 tarihinde <https://www.evolveLAB.io/veras> adresinden erişildi.
- Google Earth. (2023). Old Toronto 2023 görüntüleri. 31 Ekim 2023 tarihinde <https://earth.google.com/web/@43.64738867,-79.38090545,276.50337891a,1379.91907775d,35y,-51.10281366h,41.92662325t,0r/data=OgMKATA> adresinden erişildi.
- Guo, R., Gao, Y., Zhuang, C., Heiselberg, P., Levinson, R., Zhao, X., ve Shi, D. (2020). Optimization of cool roof and night ventilation in office buildings: A case study in Xiamen, China. *Renewable Energy*, 147, 2279-2294.
- Hassanat, A., Almohammadi, K., Alkafaween, E. A., Abunawas, E., Hammouri, A., ve Prasath, V. S. (2019). Choosing mutation and crossover ratios for genetic algorithms—a review with a new dynamic approach. *Information*, 10(12), 390.
- Jabi, W. (2013). Parametric design for architecture. Hachette UK.
- Jalali, Z., Noorzai, E., ve Heidari, S. (2020). Design and optimization of form and façade of an office building using the genetic algorithm. *Science and Technology for the Built Environment*, 26(2), 128-140.
- Jost, B., Ketterl, M., Budde, R., ve Leimbach, T. (2014). Graphical programming environments for educational robots: Open Roberta—yet another one?. 2014 IEEE International Symposium on Multimedia (s. 381-386).
- Köroğlu, Y. (2017). Yapay zeka'nın teorik ve pratik sınırları. Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, 26-30.
- Ladybug Tools. (2023). Our Story. 31 Ekim 2023 tarihinde <https://www.ladybug.tools/about.html> adresinden erişildi.
- Lambora, A., Gupta, K., ve Chopra, K. (2019). Genetic algorithm—A literature review. 2019'da makine öğrenimi, büyük veri, bulut ve paralel hesaplama üzerine uluslararası konferansta (COMITCon) (s. 380-384). IEEE.
- Li, G., ve Matthew, R. G. (1990). New approach for optimization of urban drainage systems. *Journal of Environmental Engineering*, 116(5), 927-944.

- Maher, A., ve Burry, M. (2003). The Parametric Bridge: connecting digital design techniques in architecture and engineering. *ACADIA* (Vol. 3, s. 39-47).
- Manzan, M. (2014). Genetic optimization of external fixed shading devices. *Energy and Buildings*, 72, 431-440.
- Mosey, G., ve Deal, B. (2020). Multivariate Optimization in Large-Scale Building Problems: An Architectural and Urban Design Approach for Balancing Social, Environmental, and Economic Sustainability. *Sustainability*, 12(23), 10052.
- Natanian, J., ve Auer, T. (2020). Beyond nearly zero energy urban design: A holistic microclimatic energy and environmental quality evaluation workflow. *Sustainable Cities and Society*, 56, 102094.
- OpenAI. (2023). 31 Ekim 2023 tarihinde <https://openai.com/blog/chatgpt> adresinden erişildi.
- Oxman, R. (2006). Theory and design in the first digital age. *Design studies*, 27(3), 229-265.
- Özen, B., ve Afacan, E. (2014). Dairesel Anten Dizilerinin Genetik Algoritma ile Tasarımı Design of Circular Array Antennas using Genetic Algorithm. Eleco 2014 Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 27 – 29 Kasım 2014, Bursa.
- Refik Anadol Studio. (2023). Quantum Memories. <https://refikanadol.com/works/quantummemoies/> 31 Ekim 2023 tarihinde erişildi.
- Renner, G., ve Ekárt, A. (2003). Genetic algorithms in computer aided design. *Computer Aided Design*, 35(8), 709-726.
- Rosso, F., Ciancio, V., Dell'Olmo, J., ve Salata, F. (2020). Multi-objective optimization of building retrofit in the Mediterranean climate by means of genetic algorithm application. *Energy and Buildings*, 216, 109945.
- Samadi, S., Noorzai, E., Beltrán, L. O., ve Abbasi, S. (2020). A computational approach for achieving optimum daylight inside buildings through automated kinetic shading systems. *Frontiers of Architectural Research*, 9(2), 335-349.

- Scratch. (2023). Scratch Hakkında. 31 Ekim 2023 tarihinde <https://scratch.mit.edu/about> adresinden erişildi.
- Scratch Foundation. (2023). Our Story. 31 Ekim 2023 tarihinde <https://www.scratchfoundation.org/our-story> adresinden erişildi.
- Shi, Z., Fonseca, J. A., ve Schlueter, A. (2017). A review of simulation-based urban form generation and optimization for energy-driven urban design. *Building and Environment*, 121, 119-129.
- SkyscraperPage. (2023). Global Cities & Buildings Database. 31 Ekim 2023 tarihinde <https://skyscraperpage.com/cities/> adresinden erişildi.
- Tuhus-Dubrow, D., ve Krarti, M. (2010). Genetic-algorithm based approach to optimize building envelope design for residential buildings. *Building and Environment*, 45(7), 1574-1581.
- Tünger, Ç., ve Pektaş, Ş. T. (2017). Parametrik Tasarım Süreçlerinde Tasarım Örüntülerinin Kullanımı. MSTAS 2017, 71.
- Yi, Y. K., Tariq, A., Park, J., ve Barakat, D. (2021). Multi-objective optimization (MOO) of a skylight roof system for structure integrity, daylight, and material cost. *Journal of Building Engineering*, 34, 102056.

# ÖZGEÇMİŞ

**MEHMET ARİK**

## **Eğitim:**

Lisans:

İstanbul Gelişim Üniversitesi/ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi/ Mimarlık (2014-2018)  
[3,14/ 4]

Selçuk Üniversitesi/ Yabancı Diller Yüksekokulu – İngilizce (2013-2014)  
[87/ 100]

Lise:

Adıyaman Fen Lisesi/ Fen Bilimleri  
[77,67/ 100]

## **İş/ Staj Deneyimleri:**

1. Öge Mimarlık  
Stajyer Mimar (2017)
2. Sigma Mühendislik Mimarlık İnşaat  
BIM/ Dizayn Ofis Mimarı (2018-2020)
3. Arken Yapı Mimarlık  
BIM/ Dizayn Ofis Mimarı (2020-2022)
4. UNTD İnşaat A.Ş.  
Dizayn Ofis/ Saha Mimarı (2023-...)