



Sürdürülebilir Toplu Konut Yerleşmesi Tasarımı İçin Pareto Genetik Algoritmaya Dayalı Bir Model Önerisi: SSPM

A Pareto Based Genetic Algorithm Model for Sustainable Site Layout Design of Social Housing: SSPM

Yazgı Badem AKSOY,¹ Gülen ÇAĞDAŞ,¹ Özgün BALABAN²

ÖZ

Sürdürülebilir bina tasarımı geleneksel bina tasarımına göre daha karmaşık bir süreçtir. Bunun nedeni birlikte alınması gereken fakat birbiriyle çelişen pek çok tasarım kararının erken tasarım evresinde alınması gerekliliğidir. Sürdürülebilir tasarımın erken evresinde tasarımcıya yardımcı bir karar destek sistemine ihtiyaç kaçınılmazdır fakat tasarım endüstrisinde, bilgisayar tabanlı araçlar tasarım sürecinin önemli bir parçasını oluşturmalarına rağmen, erken tasarım evresi bilgisayar desteğinin en az kullanıldığı evre olmuştur. Bu çalışmada, pareto temelli bastırılmamış sınıflandırılmalı genetik algoritma (NSGA-II) kullanılarak pek çok tasarım kriterini göz önünde bulundurması gereken tasarımcıya karar verme sürecinde yardımcı olacak bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu konuda yapılmış diğer modellerden farklı olarak, LEED ve BREEM arazi yerleşim kriterlerinin yanında yerel yönetmelikleri ve yerel iklim şartlarını da göz önünde bulunduran modelin, üretilen alternatifleri uygunluk puanlarına göre birbirleriyle kıyaslayarak pareto optimal sonuçlar üretmesi, tasarımcıyı sürdürülebilir arazi kullanım çözümlerine götürecektir. Sürdürülebilir Arazi Yerleşme Planlama Modeli, karmaşık problemlerin çözümünde tercih edilen evrimsel algoritmaların sürdürülebilir arazi yerleşiminde kullanılmasıyla, hesaplamalı tasarım ve sürdürülebilir mimarlık kavramlarının arakesitinde yer alan ve her iki disiplinin olanaklarını bir arada kullanan, erken tasarım evresinde toplu konut bloklarının araziye yerleşiminde mimarı yönlendirebilecek bir karar destek sistemi olarak önerilmiştir.

Anahtar sözcükler: Çok amaçlı pareto genetik algoritma; LEED-BREEM; sürdürülebilir arazi yerleşim planı.

ABSTRACT

Sustainable architectural design process is more complicated than traditional building design because it has its own regulations that require calculations and comparisons that also need to be considered. For this article, sustainability parameters were accepted as the standards of green building certification systems (LEED and BREEM), local climate conditions, and local building regulations. There are conflicting criteria according to those sustainability parameters. As a result, Pareto genetic algorithm was chosen to address multiple objectives by incorporating the Pareto concept of domination. An efficient, sustainable design should be developed during conceptual stage, when the most important decisions are made, so that a decision support system can be developed with the help of Pareto-based non-dominated genetic algorithm (NSGA-II) to evaluate several possibly conflicting objectives. This article discusses a model that aims to produce site layout alternatives according to sustainability criteria for social housing units.

Keywords: LEED-BREEM; multi-objective genetic algorithm; sustainable site layout design.

¹Istanbul Teknik Üniversitesi, Mimari Tasarımda Bilişim, İstanbul

²Singapur Teknoloji ve Tasarım Üniversitesi, Mimarlık ve Sürdürülebilir Tasarım, Singapur

Başvuru tarihi: 05 January 2016 - **Kabul tarihi:** 24 Mart 2016

İletişim: Yazgı Badem AKSOY. **e-posta:** yazbadem@hotmail.com

© 2016 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2016 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

Giriş

Tasarım sürecinde, doğal ve yapay süreçlerin araştırılmasıyla bilgisayar tabanlı araçların kullanılması, mimarlığın biyoloji, genetik, bilişim teknolojileri, matematik ve daha birçok disiplinle bilgi alışverişini güçlendirmiştir.¹ Evrimsel hesaplama yaklaşımı, bu bilgi alışverişinin sonucunda ortaya çıkan başlıklardan biridir. Evrimsel algoritmalarından biri olan genetik algoritmalar eniyileme ve öğrenme gibi problem alanlarında biyolojik popülasyon genetiği kurallarına dayanarak çalışmaktadır.

Hesaplamalı tasarımının yanında günümüz mimarlığını şekillendiren önemli bir diğer başlık da ilk adımlarını Alexander ve Chermayeff'in² attığı sürdürülebilir tasarım olmuştur. Sürdürülebilir bina olarak adlandırılan doğayla uyumlu yapılar, yapının arazi seçiminden başlayarak değerlendirilen, iklim verilerine ve çevre koşullarına uygun yapılar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde sürdürülebilir mimarlığı teşvik etmek amacıyla, tasarım kararlarını yönlendirmeyi hedefleyen yeşil bina sertifika sistemleri geliştirilmiştir. Fakat sürdürülebilir bina tasarım kriterleri olarak sadece sertifika sistemlerini ele almak yerine, tasarım arazisinin bulunduğu bölgenin yerel yapı yönetmeliklerini ve yerel iklimini de göz önünde bulundurarak mimari tasarımının gerçekleştirilmesi daha doğru olacaktır.

Sürdürülebilir bina tasarımı geleneksel bina tasarımına göre daha karmaşık bir sürece sahiptir. Bunun nedeni birlikte alınması gereken fakat birbiriyle çelişen pek çok tasarım kararının fayda zarar ilişkisinin göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi gerekliliğidir. Bu noktada, modelin kurgulanmasında pareto genetik algoritmanın tercih edilmesinin nedeni daha iyi anlaşılacaktır. Pareto analizi değişik sayıdaki önemli etkenleri, daha az önemde olan etkenlerden ayırmak için kullanılan bir tekniktir.³

Bu çalışmada; pareto analizinin evrimsel algoritmalarla uyarlanmasıyla elde edilen pareto temelli bastırılmamış sınıflandırmalı genetik algoritma (NSGA-II) kullanılarak geliştirilen, LEED ve BREEM yeşil bina sertifika sistemleri yanında yerel yapı yönetmeliklerini ve iklimsel verileri uygunluk fonksiyonu olarak kabul ederek toplu konut yerleşim alternatifleri üreten "Sürdürülebilir Arazi Yerleşme Planlama Modeli" (Sustainable Site Planning Model-SSPM) olarak adlandırılan evrimsel bir model önerilmiştir.

Sürdürülebilir Mimari Tasarımda Kullanılan Modeller

Benzetim Modelleri

Bina benzetim modelleri, mimari tasarımda hem analiz hem tasarım aracı olarak, bina kabuğu ve iç mekânın ısı

konforunu belirleme, yapı bileşenlerinin biçim ve boyutu- nu saptama gibi özel amaçlara yönelik olarak hazırlanmış performans programlarıdır. Benzetim modellerinin program girdileri geniş ve bilimsel olarak oldukça detaylıdır. Erken tasarım evresinde bazı veriler varsayılmak zorunda kalmakta ve sonuçlarının yorumlanması zor olmaktadır.⁴ Günümüz tasarım sürecinde, ilk olarak bina dış kabuğu mimarlar tarafından tasarlanmakta, sonrasında ise iklimlendirme ve aydınlatma hesaplamaları mühendisler tarafından yapılmaktadır. Sürdürülebilir bir bina tasarımında ise tasarım süreci bu şekilde ilerlememelidir. Sürdürülebilir bina kriterlerinin tasarımın eskiz aşamasından itibaren değerlendirilmesi gerekmektedir, çünkü en önemli sürdürülebilirlik kararları araziye yerleşimden itibaren alınmalıdır.⁵ Bu bağlamda sürdürülebilir bina tasarım modeli olarak gerçekleştirilen benzetim modelleri bu amacı tam olarak karşılayamamaktadır.

Evrimsel Modeller

Evrimsel Algoritmalar (EA), doğadaki evrimsel süreçleri model olarak kullanan bilgisayara dayalı problem çözme teknikleridir.⁶ Evrimsel algoritmalar formülize edilmişlerine göre; genetik algoritmalar (GA), genetik programlama (GP), evrimsel programlama (EP) ve evrimsel strateji (ES) gibi alt başlıklara ayrılmıştır.⁷ Bu çalışmada genetik algoritma başlığı üzerinde durulacaktır. Genetik Algoritma (GA) John Holland tarafından, canlılarda yaşanan genetik süreci bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi hedeflemesi sonucunda bulunmuştur.⁸

GA'ların her bir elemanı, bir kromozomla temsil edilir. Bu aday çözümler kümesi de popülasyon olarak adlandırılır. Popülasyonun uygunluğu, belirli kurallar dâhilinde maksimize veya minimize edilir. Her yeni nesil, rastgele bilgi değişimi ile oluşturulan diziler içinde hayatta kalanların birleştirilmesi ile elde edilmektedir.⁹ Eğer eniyilenecek tek bir amaç varsa, problem "tek amaçlı eniyileme problemi"; birden fazla amaç olması durumunda ise "çok amaçlı eniyileme problemi" olarak tanımlanır.¹⁰ Çok amaçlı eniyileme probleminin hedefi, aynı anda birden fazla amaçın eniyilenmesidir ve genellikle hedeflenen amaçlar birbiriyle çelişkilidir.¹¹ Çok amaçlı eniyileme problemlerinde, birbiriyle çelişen amaçlar nedeniyle problemin çözümleri birden fazladır. Herhangi bir çözüm tarafından bastırılmamış olan çözümlere pareto-optimal çözümler (etkin çözümler) denir.¹²

Bastırılmamış sınıflandırmalı genetik algoritma (NSGA) çok amaçlı eniyileme algoritmaları içerisinde sıklıkla tercih edilmektedir. Deb ve arkadaşları tarafından geliştirilen NSGA-II algoritması ise pareto-optimal yüzeyde daha geniş

¹ ErdoğanveSorgu, 2011, s.26-281. ³ Yu, 1985.

² Alexander veChermayeff, 1963.

⁴ Rivard, 2006,s. 559-575.

⁵ Harputlugil, 2010, s.1-12.

⁶ Mitchell,1996, s. 7-12.

⁷ Back ve Schwefel,1993, s.1-23.

⁸ Holland,1975.

⁹ Angeline, 1995, s. 152-163.

¹⁰ Yu,1985.

¹¹ Chen, 2001.

¹² Guan,Chen,Mo, 2005,s.267-293.

bir dağılım bulabilmektedir ve daha az karmaşıklığa sahip, hızlı ve seçkinlikli çok amaçlı bir algoritmadır. İşleyişi şu şekilde tanımlanabilir:¹³

1. Adım: İlk olarak rastgele ebeveyn popülasyonu oluşturulur, (Po).

2. Adım: Popülasyon, Pareto üstünlüklerine dayalı olarak sıralanır. Her çözümün uygunluğu, kendi bastırılmamışlık seviyesine eşit olarak atanır.

3. Adım: Kalabalık-karşılaştırma (crowding comparison) işlemine dayalı ikili turnuva seçimi, çaprazlama ve mutasyon işlemcileri ebeveyn popülasyona uygulanır.

4. Adım: Seçkinlik işlemi önceki en iyi bastırılmamış çözümlerle mevcut popülasyon karşılaştırılarak gerçekleştirilir.

Mimari tasarımda özellikle çok amaçlı eniyileme modelleriyle sürdürülebilir tasarım başlıkları bir araya getirilmiştir. Örnek olarak Weimin Wang, Hugues Rivard ve Radu Zimeureanu¹⁴ tarafından geliştirilen, yeşil bina tasarımı için planlar üreten eniyileme modeli ele alınabilir. Bu çalışmada bina biçimlerinin genetik algoritma kullanılarak eniyilenmesi amaçlanmıştır. Çok amaçlı genetik algoritma, üretilen plan alternatiflerini duvar malzemeleri ile birlikte değerlendirerek, maksimum doğal ışık ve minimum enerji tüketimine göre eleyerek, pareto optimal alternatifini kullanıcıya sunmaktadır. Bina biçimi yanında malzeme ve maliyeti göz önünde bulundurması açısından işlevsel bir model olarak tanımlanabilir, fakat erken tasarım evresinde birden fazla binadan oluşan kompleks sistemlerin araziye yerleşiminde yetersiz kalmaktadır.

Zielinska, Church ve Jankowski¹⁵ tarafından geliştirilen SMOLA (Sustainable Multi- Objective Land Use Allocation Model) ise çok amaçlı mekânsal eniyilemeyi hedeflemektedir. SMOLA çelişen iki kriter olan maksimum açık alan ve maksimum kalkınma, komşu yerleşimlere uygunluk ve var olan yerleşim alanlarına yakınlık şartlarını göz önünde bulunduran kentsel ölçekli çok amaçlı mekânsal eniyileme modelidir. Model kentsel yerleşim problemleri için kısıtlayıcı olarak düşünülebilir fakat mekânsal eniyileme modellerinin gelişen şehirlerin kentsel formunu yönlendirmede büyük rolü olduğu düşünülmektedir.¹⁶

Bu çalışma kapsamında önerilen sürdürülebilir bina modeli sadece enerji etkin bina modeli olarak değil, eskiz aşamasından başlayarak bina ölçeğinde sürdürülebilir arazi kullanımına önem veren bütünlüklü bir modeldir.

Sürdürülebilir Yerleşim Planı Modeli: SSPM

“Sürdürülebilir Yerleşim Planı Modeli (Sustainable Site

Planning Model-SSPM)” iki farklı disiplin olan evrimsel algoritmalar ve sürdürülebilir tasarımın ara kesitinde yer almaktadır. LEED ve BREAM yeşil bina sertifika sistemlerinin arazi yerleşim kriterleri, yerel yapı yönetmelikleri ve seçilen araziye ait iklimsel veriler, modelin uygunluk fonksiyonları olarak kabul edilmiştir. Pareto genetik algoritma tabanlı olarak kurgulanan modelde, NSGA-II (Bastırılmamış Sınıflandırılmalı Genetik Algoritma), kullanıcı tarafından sisteme girilen verilere göre arazi üzerine toplu konut yerleşim alternatifleri üretilmektedir.

Excel’den arazi verisini okuyan modelin yazılımında, Windows ortamında çalışabilmesi, nesneye dayalı olması ve çok gelişmiş bir grafik ortamı bulunması nedenleri ile Processing 2.1 programlama dili kullanılmıştır.

SSPM Modeli Algoritması

Adım 1. Arazinin tanımlanması;

Adım 1.a: Excel’de arazi matrisinin oluşturulması,

Adım 1.b: İklim türünün seçilmesi (a.Sıcakb.Soğuk),

Adım 1.c: TAKS-KAKS-hmax değerlerinin girilmesi,

Adım 1.d: İl yönetmeliği yeşil alan yüzdesinin girilmesi,

Adım 1.e: Hâkim rüzgâr yönünün girilmesi,

Adım 1.f: Manzara yönünün girilmesi,

Adım 2. Tanımlanan arazinin d boyutlu (d = 1metre) ızgara sistem ile temsili;

Adım 3. Üretim: Rastgele ilk yerleşim popülasyonun (N) üretilmesi;

Adım 4. Üretilen arazi bireylerinin gösterilmesi;

Adım 5. Değerlendirme: Popülasyondaki her çözüm kümesi için 5 tane uygunluk fonksiyonu (emsal, taban alanı, iklim, rüzgar, manzara) puanının hesaplanması;

Adım 6. Uygunluk puanları verilen bireylerin toplam skorlarının 0 ile 1 arasında normalize edilmesi (1 en başarılı, 0 en başarısız bireyler) ve turnuva seçilimi uygulanması;

Adım 7. Seçilen ebeveyn çiftlerine çaprazlama işleminin uygulanması;

Adım 8. Yeni bireylere mutasyon işleminin uygulanması;

Adım 9. Yeni neslin, ebeveyn havuzuna eklenmesi (2N) ve pareto üstünlüklerine dayalı olarak bastırılmamış sınıflandırmaya göre (NSGA-II) sıralama yapılması;

Adım 10. Oluşturulan bu sıralamadaki bireylerin en başarılı bireyden son bireye kadar yeni ebeveyn kümesine eklenmesi;

Adım 11. Yeni kümeden N tane bireyin seçilmesi;

Adım 12. Döngü Testi: Kullanıcı çözümden memnun değilse Adım 6’ya dönülmesi, eğer istenilen sonuca ulaşılmışsa algoritmanın sonlandırılması.

Arazinin Tanım Tekniği

Modelin ilk adımı seçilen arazinin sayısal olarak tanım-

¹³ Deb, 2001.

¹⁴ Wang, RivardveZimeureanu, 2005, s. 1512-1525.

¹⁵ Zielinska, Church ve Jankowski, 2008, s.601-622.

¹⁶ Zielinska, Church ve Jankowski, 2008, s. 601-622.

lanmasıdır. Arazi, matrisle tanım tekniği kullanılarak temsil edilmiş ve matrisler Excel’de oluşturulmuştur. Matrisin satırlarını ve sütunlarını oluşturan her bir elemanı (hücre), arazinin alanı 1 m² olan bir birimini temsil etmektedir. Arazi köşe noktalarının ve arazi üzerindeki mevcut elemanların x, y koordinatlarına göre matris oluşturulmaktadır.

Her bir Excel hücre koordinat sisteminde bir nokta olarak kabul edilmektedir. Arazinin köşe koordinatlarına göre, maksimum x ve maksimum y değerlerini iki kenar uzunluğu ile temsil eden dikdörtgen alan, matrisin sınırlarını oluşturmaktadır. Bu sınırlar içerisinde kalan birim kareler, fonksiyonlarına göre numaralandırılarak arazi sayısal olarak bilgisayara tanımlanmaktadır (Şekil 1).

Arazinin gerçeğe yakın modellenmesini sağlamak için sayısal araziye eldeki eğim değerlerine göre 3 boyutlu karakter kazandırılmıştır. Araziden gelen eğim değerleri kullanıcı isteğine göre farklı kotlardaki parçalara bölünerek modele tanıtılmaktadır. Bu sayede yüksek kot farkına sahip kademeli arazilerde teraslama yapılarak, topografya ile uyumlu arazi yerleşim çözümlerine gidilebilir. Farklı kotlardaki bu arazi parçalarının sayısal olarak tanımlanmasında, hücre numarası yanında, sıfır kabul edilen kota göre yükseklik farkı sayısal olarak yazılır.

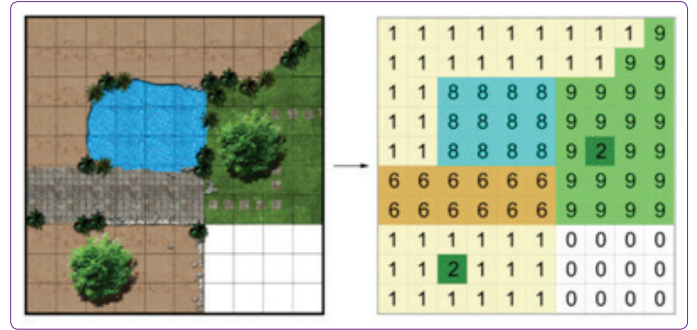
Örneğin Şekil 2’de 1 ile numaralandırılan boş alan hücreleri, sıfır kabul edilen kottan 3 metre yükseklikte ise, hücre numarası 1-3, 6 metre yükseklikte ise 1-6 olarak numaralandırılmıştır. Model araziye oluşturan her birim karenin fonksiyon ve kot verisini hazırlanan Excel dosyasından okuyarak araziye iki ayrı matris olarak tanımlar. Bu matrisler, yazılımda “site height” ve “site function” olarak adlandırılmıştır. “site height” arazideki her hücrenin yükseklik bilgisinin tutulduğu matris, “site function” ise arazideki her hücrenin fonksiyon bilgisinin tutulduğu matris olarak tanımlanmıştır.

SSPM Modeli Uygunluk Fonksiyonları

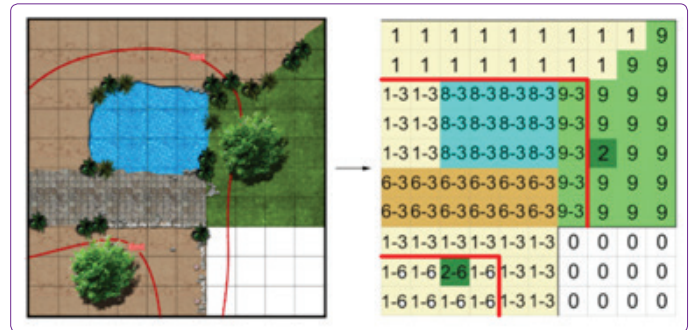
Sürdürülebilir bir arazi yerleşme planı, sürdürülebilir bina kriterlerinin kavramsal tasarım aşamasında ele alınmasıyla gerçekleştirilebilir. Bu uygunluk kriterleri arazi kullanımı, bina yerleşimi ve yönlenmesi, bina formu başlıkları altında sınıflandırılmıştır (Şekil 3).

Kavram 1: Arazi Kullanımı

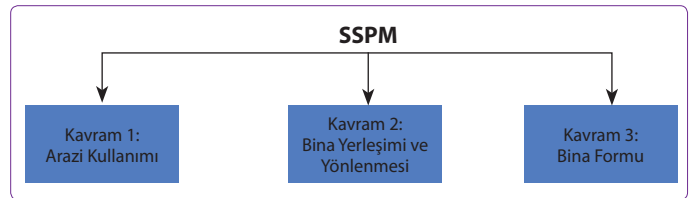
Kural 1.1. Arazide bulunan bitki ve hayvan türleri, su kaynakları korunmalıdır.¹⁷ Modele, arazi sınırı köşe koordinatları ile tanıtılarak korunması gerekli elemanlar (ağaçlar, yeşil alan ve su kaynakları) belirlenmelidir. Model bu hücrelere işlev yüklemeyecektir. Bu kuralın sağlanabilmesi için arazi matrisi üzerinde bulunan ağaçlar 2 ile, su kaynakları 8 ile, yeşil alanlar da 9 ile temsil edilir. Binaların üretilmesi sürecinde arazi matrisinde bu rakamlarla temsil edilen yerlerde üretim gerçekleştirilmez.



Şekil 1. Örnek arazinin Excel’de matrisle tanımlanması.



Şekil 2. Excel’de tanımlanmış 0m-3m-6m kot farklı örnek arazi parçası matrisi.



Şekil 3. Sürdürülebilir tasarım modeli ana kavramları.

Kural 1.2. Mevcut doğal su kaynağına 30 m, sulak alana ise 15 m olan yapılaşma sınırı vardır.¹⁸ Modelde su kaynağı olan alanların çevrelerine 30 metre sınırı boyunca üretime imkan tanımayan “0” değeri verilir.

Kural 1.3. Korunacak ağaçlar için en az 25 m² alan ayrılmalıdır. Modelde mevcut ağaç hücreleri çevresindeki komşu 2 sıra hücrenin yeşil alan olarak kabul edilmesiyle sağlanacaktır.

Kural 1.4. Arazi yönetmeliğinde verilen değerlerin %25’inden fazlası açık alan olmalıdır.¹⁹

Kural 1.5. Arazi yönetmeliğinde açık alan belirtilmemişse arazinin %20 si açık alan olmalıdır.²⁰

Kural 1.6. Herhangi bir yönetmelik oranı olmayan yerde bina oturma alanı kadar yeşil alan bırakılmalıdır.²¹

¹⁸ BREEAM, BRE Environmental Assessment Method, UK, 2008.

¹⁹ USGBC, LEED for New Construction & Major Renovations V.2.2, USA, 2005.

²⁰ USGBC, LEED for New Construction & Major Renovations V.2.2, USA, 2005.

²¹ USGBC, LEED for New Construction & Major Renovations V.2.2, USA, 2005.

¹⁷ USGBC, LEED for New Construction & Major Renovations V.2.2, USA, 2005.

1.4, 1.5 ve 1.6 numaralı kurallar açık alanı tanımlar. Açık alan değeri bu modelde eniyilemesi yapılacak değerlerden bir tanesidir.

Kural 1.7. Arazide daha önceden yerleşim yapılmış ise kirlilik içeren alanlara yerleşme öncelikli olmalıdır.²² Bu kuralı gerçekleştirebilmek için “arazi” matrisinde üretim yapılmadan önceki “kirli alanı” temsil eden 10 numaralı hücrelerin toplam sayısı alınır, üretimden sonra bu hücrelerden kaçının doldurulduğu kontrol edilir.

Kural 1.8. Önceden bina olan bir alanda, ilk binanın oturma alanı dışında kalan arazinin %50’sini korumak ya da tüm arazinin %20’sini korumak gereklidir.²³ Eğer arazide daha önceden yerleşim olduğu tespit edilirse, arazide boş alan olarak 1’le tespit edilen yerlerin %50’si ya da tüm arazinin %20’si üretimden sonra boş kalmalıdır.

Cells1: Üretime açık fonksiyonsuz boş hücre sayısı;

Cells3: Üretimden sonra fonksiyonsuz kalan boş hücre sayısı;

$$\sum Cells1 / \sum Cells1 + Cells3 = 2 / 1$$

Kural 1.9. Çevrede sese hassas yerleşimler varsa bunlara minimum 800 m çaplı mesafede yerleşim yapılmalıdır.²⁴ Bu kuralı gerçekleştirebilmek için gürültü kaynağı hücresi çevresine 800 metre boşluk bırakacak şekilde 3 numaralı boşluk hücresi konulur, bu kural büyük çaplı arazilerde kullanılabilir.

Kavram 2: Bina Yerleşimi ve Yönlenmesi

Model kapsamında üretilecek olan sosyal konutlar ayırık nizam olarak kabul edilmiştir. Hiçbir cephesinden komşu parselle bitişik olmadan inşa edilen yapı tarzına “Ayrık Nizam” denmektedir.²⁵ Bu çalışmada kat yüksekliği 3.00 metre olarak kabul edilmiş ve yüksekliği 60.50 metreden az olan ayırık nizam binalar için gerekli yönetmelik kararları esas alınmıştır (Şekil 4).

Kural 2.1. Ayrık inşaat nizamına tabi yerlerde; 5 kata kadar yapı yaklaşma mesafesi yollardan en az (5.00) m., komşu parsellerden en az (4.00) m. olup 5 kattan sonraki her ilave kat için yan komşu bahçe mesafelerine (0.50) m. eklenir (1).²⁶

$$yanbahçeX = 4 + [binaZBoyut - 5] \times 0.5 \quad (1)$$

Kural 2.2. 5 kata kadar (5 kat dâhil) olan binalarda arka bahçe mesafeleri en az 5.00 m’dir. 5 kattan sonraki fazla her kat için bu bahçe mesafeleri 1,00 m artırılır (2).²⁷

$$arkabahçeY = 5 + [binaZBoyut - 5] \times 1 \quad (2)$$

²² USGBC, LEED for New Construction & Major Renovations V.2.2, USA, 2005.

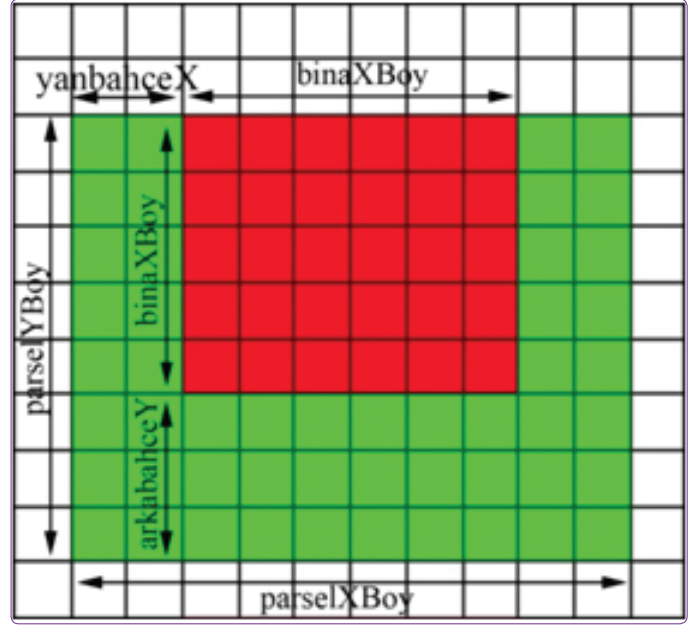
²³ BREEAM, BRE Environmental Assessment Method, UK, 2008.

²⁴ USGBC, LEED for New Construction & Major Renovations V.2.2, USA, 2005.

²⁵ İstanbul İmar Yönetmeliği, 2007.

²⁶ İstanbul İmar Yönetmeliği, 2007.

²⁷ İstanbul İmar Yönetmeliği, 2007.



Şekil 4. Bina, arka ve yan bahçe değerleri.

Kural 2.1 ve Kural 2.2’de binanın yerleşimi kuzey-güney ve doğu-batı yönlerine göre değiştiğinde aranan bahçe mesafesi değerleri, yanbahçeY ve arkabahçeX olarak değişmektedir.

Kural 2.3. Soğuk iklim bölgelerinde rüzgârdan korunmak için önlemler alınırken, sıcak ve nemli iklim bölgelerinde rüzgârın serinletici etkisinden mümkün olduğunca fayda sağlamak amaçlanmalıdır.²⁸ Seçilen iklim tipine göre binaların rüzgâr puanı hesaplanır (Bkz. Şekil 5).

Kural 2.4. Manzaraya yönelim önceliklidir. Üretilen bina kütesinin manzara puanı, manzara yönüne bakan hücre sayısı ile hesaplanır (Bkz. Şekil 6).

Kavram 3: Bina Formu

Kural 3.1. Bina yüksekliği, arazi için verilen maksimum bina yüksekliği değerini geçemez.²⁹ Bina yüksekliği modelde her zaman alt değer ve üst değer olarak korunur. Alt değer 1’dir ve üst değer de model arayüzünden girilen arazinin hmax değeridir.

Kural 3.2. İmar planı veya bu yönetmelikte belirlenen ön bahçe ve bahçe mesafelerinin belirlendiği yaklaşma sınırları içerisinde kalmak şartı ile ayırık nizamda yapı derinliği 30.00 m’den fazla, taban alanı (TA) 600 m²’den büyük olamaz.³⁰

$$binaXBoyut \times binaYBoyut \leq 600 \quad (3)$$

Kural 3.3. Ayrık nizamla tabi yapılarda bina cephesi minimumu 6.00 m, en fazla 30.00 m’dir.³¹

²⁸ TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Standartları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2008.

²⁹ İstanbul İmar Yönetmeliği, 2007.

³⁰ İstanbul İmar Yönetmeliği, 2007.

³¹ İstanbul İmar Yönetmeliği, 2007.

$$6 \leq \text{binaXBoyut}, \text{binaYBoyut} \leq 30 \quad (4)$$

Kural 3.4. Parsel içerisinde KAKS ve TAKS kriterlerine uygun bir yerleşim, sürdürülebilir arazi tasarımı için önemli bir şarttır. Taban alanı kat sayısı (TAKS); taban alanının imar parseli alanına oranıdır. İmar planlarında aksine bir açıklama bulunmadığı takdirde ayrıık nizamaya tabi arsalar ile imar planında yapı nizamı belirtilmeyen durumlarda binaların taban alanı, iç bahçe alanı dâhil %40'ı geçemez.³²

$$\text{taks} = \text{dolum2} / \text{spaceCount} \leq \%40 \quad (5)$$

$$\text{kaks} = \text{dolum3} / \text{spaceCount} \quad (6)$$

Kural 3.5. Sıcak iklimlerde yüzeylerde oluşabilecek ısı kayıplarını arttırmak amacıyla parçalı ve dış cephe alanı fazla bina formları kullanılmalıdır. Soğuk iklimlerde ise bina dış cephelerinde oluşabilecek ısı kayıplarını önlemek açısından dış cephe alanı azaltılmalıdır.³³

Soğuk iklimde maksimum alan minimum çevre için kullanılan toplam formülü;

$$\sum_{i=0}^{\text{tüm binalar}} = \text{binaXBoyut} \times \text{binaYBoyut} \div 2(\text{binaXBoyut} + \text{binaYBoyut}) \quad (7)$$

Sıcak iklimde maksimum çevre- minimum alan için kullanılan toplam formülü;

$$\sum_{i=0}^{\text{tüm binalar}} = 2(\text{binaXBoyut} + \text{binaYBoyut}) \div \text{binaXBoyut} \times \text{binaYBoyut} \quad (8)$$

Modelin Uygunluk Puanları

Model ilk olarak rastgele popülasyon oluşturur. Bu aşama genetik algoritmanın devreye girdiği kısımdır. Üretilen arazi bireyleri 5 ana uygunluk fonksiyonuna göre puanlanmaktadır:

1. Uygunluk Puanı: Taban alanının kullanıcı arayüzünden girilen değere yakınlığına göre bireylere puan verilir. Eğer bireyin toplam taban alanı girilen TAKS katsayısı ile elde edilen maksimum taban alanı değeriyle eşit ise puanı 1; fazla ya da eksikse 0 -1 aralığında bir değer alır.

$$0 \leq \text{fit1} \leq 1 \text{ f0} \leq \text{fit1} \leq 1 \text{ farkm}^2 = \text{dolum}^2 - \text{istenenTabanAlanı} \quad (9)$$

Üretilen bir bireye ait toplam bina oturma alanı (dolum²) istenen taban alanı değerini geçiyorsa, farkm² 0'dan büyük bir değer çıkar ve bu bireyin alacağı taban alanı uygunluk puanı (fit1);

$$\text{farkm}^2 > 0 \text{ fit1} = 1 - (\text{farkm}^2 / 600) \quad (10)$$

formülü ile hesaplanır. Eğer üretilen bireye ait toplam

bina oturma alanı (dolum²) istenen taban alanı değerinden küçükse, farkm² 0'dan küçük bir değer çıkar ve bu bireyin alacağı taban alanı uygunluk puanı (fit1);

$$\text{farkm}^2 < 0 \text{ fit1} = 1 + (\text{farkm}^2 / 1000) \quad (11)$$

olarak hesaplanır. Bu formülden dolayı toplam taban alanı yönetmelik değerinden fazla olan bireyler daha kötü puan olarak seçim şansları düşmektedir.

2. Uygunluk Puanı: Emsal (KAKS) değerinin kullanıcı arayüzünden girilen değere yakınlığına göre bireylere puan verilir. 1. uygunlukta yapılan işlemin aynısı Z boyutu hesabı katılarak yapılır.

$$0 \leq \text{fit2} \leq 1 \text{ farkm}^3 = \text{dolum}^3 - \text{emsal} \quad (12)$$

Üretilen bireye ait toplam inşaat alanı (dolum³) istenen maksimum emsal değerini geçiyorsa, farkm³ 0'dan büyük bir değer çıkar ve bu bireyin emsal uygunluk puanı (fit2);

$$\text{farkm}^3 > 0 \text{ fit2} = 1 - (\text{farkm}^3 / 1000) \quad (13)$$

olarak hesaplanır. Eğer üretilen bireye ait toplam bina oturma alanı (dolum³) istenen taban alanı değerinden küçükse, farkm³ 0'dan küçük bir değer çıkar ve bu bireyin alacağı emsal uygunluk puanı (fit2);

$$\text{farkm}^3 < 0 \text{ fit2} = 1 + (\text{farkm}^3 / 2000) \quad (14)$$

olarak hesaplanır. Bu formülden dolayı toplam emsali yönetmelik değerinden fazla olan bireyler daha kötü puan olarak seçim şansları düşmektedir.

3. Uygunluk Puanı: İklima göre bina boyutlarının oranları göz önünde bulundurularak hesaplanır. Soğuk iklimde;

$$\text{fit3} = (\text{binaXBoyut} \times \text{binaYBoyut}) \div 2(\text{binaXBoyut} + \text{binaYBoyut}) \quad (15)$$

olarak hesaplanır. Sıcak iklimde ise;

$$\text{fit3} = 2(\text{binaXBoyut} + \text{binaYBoyut}) \div (\text{binaXBoyut} \times \text{binaYBoyut}) \quad (16)$$

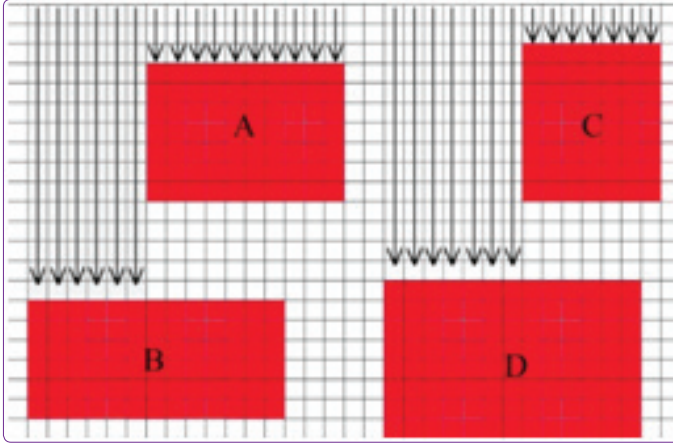
olarak hesaplanır.

4. Uygunluk Puanı: Üretilen bina kütesinin rüzgâr puanı, rüzgâr alan hücre sayısı ile hesaplanır. Örneğin Şekil 5'teki arazi yerleşim parçasında rüzgâr puanları; A:10, B:6, C:7, D:7 olacaktır, B ve D binalarının rüzgârları A ve C binalarıyla kesilmektedir. Seçimde önemli olan arazide yer alan tüm binaların toplam puanıdır, üretilen arazi popülasyonunda en yüksek toplam manzara puanına sahip olan arazi 1, en düşük toplam rüzgâr puanına sahip olan arazi ise 0 puan alır. Popülasyondaki diğer arazi bireyleri 0 ve 1 arasında sıralamalarına göre puanlanırlar.

Eğer iklim tipi soğuk iklimse, binaların rüzgâr alması tercih edilmeyecektir. Örneğin sıcak iklimde, en çok rüzgâr alan arazi bireyi 200 puanlı, en az rüzgâr alan arazi bireyi

³² İstanbul İmar Yönetmeliği, 2007.

³³ TS 825, Binalarda Isı Yalıtım Standartları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2008.



Şekil 5. Rüzgâr puanının gösterimi.

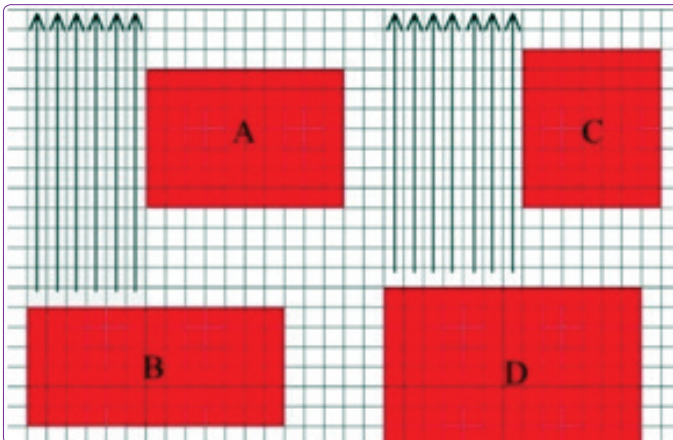
15 puanlı ise; 200 puan toplayan arazi bireyinin ana puanı 1, 15 puanlı arazi bireyinin puanı 0 olacaktır. Eğer arazi sıcak iklimde ise, 200 puan toplayan bireyin ana puanı 0, 15 puan toplayan bireyin ana puanı 1 olacaktır.

$$\sum_{i=0}^{\text{binasayısı}} \text{binaRüzgarPuanı} = \text{AraziRüzgarPuanı} \quad (17)$$

5. Uygunluk Puanı: Her bina için manzara yönü grid üzerinden manzarayı en çok gören bireyin en fazla puanı alması prensibine göre hesaplanır. Üretilen bina kütesinin manzara puanı, manzara yönüne bakan hücre sayısı ile hesaplanır. Eğer manzara puanı hesaplanacak binanın karşısında başka bir bina varsa, görüşün engellenmediği kenar hücre sayısı kadar manzara puanı elde edilir.

Şekil 6'da A ve C binaları, B ve D binalarının manzarasını kesmektedir. Bu örnekte binaların manzara puanları A:10, B:6, C:7, D:7'dir. Seçilimde önemli olan arazide yer alan tüm binaların toplam puanıdır.

$$\sum_{i=0}^{\text{binasayısı}} \text{binaManzaraPuanı} = \text{AraziManzaraPuanı} \quad (18)$$



Şekil 6. Manzara puanının gösterimi.

Modelin Çaprazlama ve Seçilim Sistemi

Uygunluk puanları verilen bireylerin toplam puanları 0 ile 1 arasında normalize edilir; 1 en başarılı bireylerdir, 0 en başarısız bireylerdir; bu aşamada turnuva seçilimi uygulanır. Turnuva seçiminde puanı yüksek olan bireylerin üreme şansı daha fazladır. Bireyler kendi puanlarına göre oluşturulan matristen seçilirler. Örneğin, 3 bireyli bir durumda 1. Bireyin puanı 0.92, 2. Bireyin puanı 0.56, 3. Bireyin puanı da 0.23 olsun. Bu değerler arasında seçim yapılırca 1. Bireyin çıkma olasılığı $92/171 = \%54$, 2. Bireyin çıkma olasılığı $56/171 = \%33$ ve 3. Bireyin çıkma olasılığı $23/171 = \%13$ tür. Bu olasılıklara göre iki birey alınır ve birbirlerine göre sonuçları karşılaştırılır, puanı yüksek olan birey seçilir.

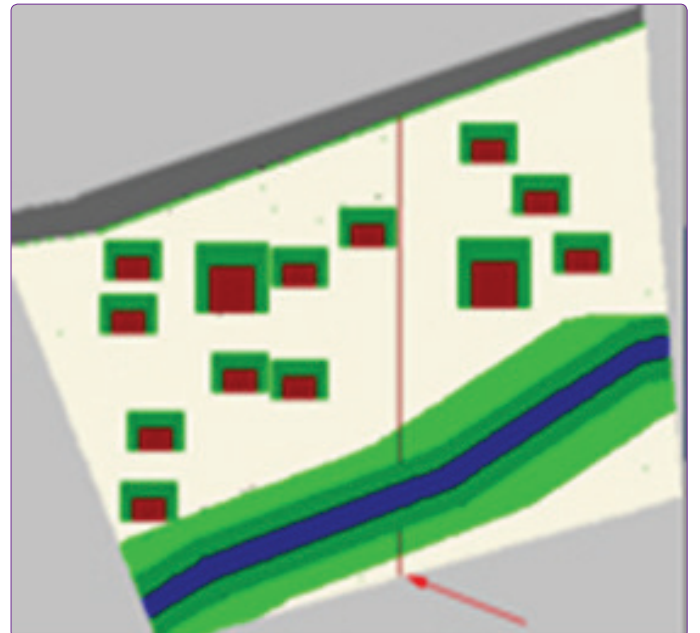
Uygunluk değeriyle doğru orantılı olarak kopyalanan bireyler rastgele ikili gruplara ayrılarak ebeveyn olarak kabul edilir ve kendi aralarında çaprazlama (gen değişimi) işlemi uygulanır. Bunun için, ebeveyn olarak seçilen bireylerin aynı sıra ve sayıdaki genleri karşılıklı yer değiştirilir ve iki yeni birey (çocuk) elde edilir. Üretilen arazide y ekseninde rastgele bir çaprazlama noktası seçilmiştir (Şekil 7).

Sonraki nesillerde sürekli benzer bireylerin ortaya çıkmasını önlemek amacıyla çaprazlama işlemi sonrası oluşturulan ara popülasyon, mutasyon işlemine tabi tutulur.

Mutasyon oranı çaprazlama sonucu elde edilen uyum değeri yüksek dizileri kaybetmemek için düşük tutulmaktadır. Bu işlemler döngü sayısı kadar sürdürülür. Elde edilen son popülasyondaki uygunluk değeri en yüksek birey, en iyi birey olarak seçilir ve genetik algoritma tamamlanmış olur.

Çaprazlama ve Seçilim Algoritması

Model kullanıcının konut tipi tercihine göre farklı olarak



Şekil 7. Modelde verilen çaprazlama noktası.

ilerlemektedir. Eğer rastgele konut tipi tercih edilmiş ise;

1. Binanın yüksekliği rastgele olarak 1-hmax arasında atanır. (Kural 3.1) Eğer belirli tip sayısı tercih edilmişse binanın yüksekliği olarak kullanıcı ara yüzünden Z değeri alınır.

2. Binanın X ekseninde genişliği 6m-30m olacak şekilde rastgele atanır (Kural 3.3). Eğer belirli tip sayısı tercih edilmişse binanın X eksenindeki genişliği için kullanıcı arayüzünden X değeri alınır.

3. Binanın Y ekseninde genişliği 6m-30 m olacak şekilde rastgele atanır (Kural 3.3). Eğer belirli tip sayısı tercih edilmişse binanın Y eksenindeki genişliği için kullanıcı arayüzünden Y değeri alınır.

4. 2. ve 3. aşamalar rastgele konut tipi seçilmiş ise çarpım 600 m²'den küçük olana dek tekrar yapılır (Kural 3.2).

5. Binanın bakış yönü rastgele olarak atanır (1:Kuzey, 2:Doğu, 3:Güney, 4:Batı). Örneğin, kuzeye bakan bina için;

Kırmızı: Bina;

Mavi: Arka bahçe;

Sarı: Yan bahçe olarak tanımlanabilir (Şekil 8).

6. Binanın yüksekliğine göre arka bahçe ve yan bahçe genişlikleri belirlenir.

a. Kuzey seçildiyse;

i. Bina kat sayısı 6'dan azsa yan bahçenin X boyutu 4 m ve arka bahçenin Y boyutu 5 m'dir. Kuzey yöneliminde yan bahçenin Y boyutu ve arka bahçenin X boyutu önemli değildir.

ii. Bina kat sayısı 6'dan fazlaysa;

$yanbahceX = 4 + ((bina\ katsayisi - 4) \times 0.5m)$ (en yakın tam sayıya yuvarlanır)

$arkabahceY = 5 + (bina\ katsayisi - 5) \times 1$

b. Doğu seçildiyse;

i. Bina kat sayısı 6'dan azsa, yan bahçenin Y boyutu 4 m ve arka bahçenin X boyutu 5 m'dir.

ii. Bina kat sayısı 6'dan fazlaysa;

$yanbahceY = 4 + ((bina\ katsayisi - 4) \times 0.5)$ (en yakın tam sayıya yuvarlanır)

$arkabahceX = 5 + (bina\ katsayisi - 5) \times 1$

c. Güney seçildiyse;

i. Bina kat sayısı 6'dan azsa yan bahçenin X boyutu 4 m ve arka bahçenin Y boyutu 5 m'dir.

ii. Bina kat sayısı 6'dan fazlaysa;

$yanbahceX = 4 + ((bina\ katsayisi - 4) \times 0.5)$ (en yakın tam sayıya yuvarlanır)

$arkabahceY = 5 + (bina\ katsayisi - 5) \times 1$

d. Batı seçildiyse;

i. Bina kat sayısı 6'dan azsa yan bahçenin Y boyutu 4 m ve arka bahçenin X boyutu 5 m'dir.

ii. Bina kat sayısı 6'dan fazlaysa;

$yanbahceY = 4 + ((bina\ katsayisi - 4) \times 0.5)$ (en yakın tam sayıya yuvarlanır)

$arka\ bahce\ X = 5 + (bina\ katsayisi - 5) \times 1$

7. Binanın X ve Y boyutu ve bahçe genişlikleri bulunduğu sonra bu aşamada binanın parseline pozisyon atanır.

a. Atanan değerlerin arazi matrisi içerisinde olması sağlanır;

b. Bu aşamadan sonra binanın ve parselinin konumu, diğer bir deyişle arazi matrisinde kapladığı yer belli olur.

8. Binanın yerleşeceği konum müsait mi kontrol edilir; o alandaki yerlerin 1(boş alan) değerinde olup olmadığına bakılır.

9. Eğer o alan boşsa parsel o alana yerleştirilir; değilse tekrar değer atanır.

10. Parsel başarılı bir şekilde yerine yerleştirilirse; taban alanında kaplanan yer kadar değer, toplam taban alanından çıkarılır;

11. Taban alanındaki gerekli alanı kaplayacak kadar bina oluşturulana kadar (1'den 11'e) kadar olan adımlar tekrar edilir;

12. 1'den 12'ye kadar olan adımlar popülasyondaki birey sayısı kadar tekrar edilir ve modelde ilk girilen birey sayısı kadar birey (binalarla kaplı arazi) oluşturulur.

13. Oluşturulan her birey için uygunluk fonksiyonlarına göre puan verilir. Bu modelde 5 uygunluk fonksiyonu vardır:

a. Taban alanı

b. Emsal

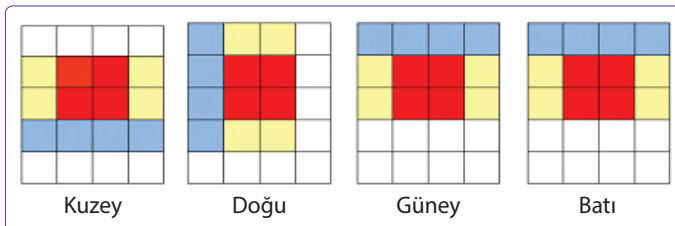
c. İklim

d. Manzara

e. Rüzgâr

14. Uygunluk puanları verilen bireylerin toplam puanları 0 ile 1 arasında normalize edilir; 1 en başarılı bireylerdir, 0 en başarısız bireylerdir.

15. Çaprazlama gerçekleşir. Çaprazlama için belirli bir nokta seçilir o noktadan yukarıda olan bireyler anneden,



Şekil 8. Bina, yan bahçe, arka bahçe konumları.

aşağıda olan bireyler ise babadan seçilerek yeni üretim elde edilir.

16. Mutasyon programda oluşturulan değer oranında gerçekleştirilir.

17. Ebeveyn popülasyonu ve yeni üretilen popülasyonlarla beraber başlangıçta N olan birey sayısı bu aşamada 2N olur.

18. Popülasyon pareto üstünlüklerine dayalı olarak bastırılmamış sınıflandırmaya göre sıralanır ve her sıra bir pareto sırasını temsil eder.

19. Pareto öncüleri oluşturulur, eğer her uygunluk puanı için en iyi olan bir birey varsa o birey pareto öncüsüdür. Geri kalan bireyler bastırılmış bireylerdir ve kendilerinden daha iyi puanlı bireyler vardır.

20. Bu oluşturulan sıralamadaki bireyler en başarılı bireyden son bireye kadar yeni ebeveyn kümesine eklenir.

21. Ebeveyn kümesine turnuva seçilimi, çaprazlama ve mutasyon tekrar uygulanarak yeni çocuk bireyler oluşturulur ve bu aşamada yine 2N birey oluşmuş olur.

22. Oluşturulan yeni bireyler için 18.-22. madde arasındaki aşamalar, modelin çalışması kullanıcı tarafından durduruluncaya kadar tekrar eder.

Kullanıcı Arayüzü

Arazinin fonksiyon numaralarına göre Excel'e işlenmesinden sonra, model bu veriyi okuyarak sayısal araziye görsel olarak üretmektedir. Kullanıcının belirleyeceği değerler;

- Konut tipi sayısı:

Arazi yerleşim planındaki bina ölçüleri iki farklı şekilde belirlenmektedir. Model tarafından belirlenen rastgele boyutlarda, ya da boyutları kullanıcı tarafından belirlenen üç tip olarak üretilmektedir. Model kullanıcıya "rastgele, tek tip, iki tip, üç tip" olmak üzere farklı seçenekler sunar.

- Manzara yönü;
- Hâkim rüzgâr yönü;
- İklim türü (soğuk, sıcak);
- Yerel yapı yönetmeliklerinden gelen maksimum inşaat alanı oranı (KAKS), toplam bina oturma alanı oranı (TAKS), ve maksimum kat yükseklik (hmax) değerleri;
- Yönetmelikte verilen gerekli açık alan yüzdesi;
- Üretilmesi istenen birey (binalarla kaplı arazi) sayısıdır.

Arazinin matrisle tanımlanması ve kullanıcı arayüzünden veri girişinin yapılmasından sonraki aşama, pareto temelli bastırılmamış sınıflandırmalı genetik algoritmanın (NSGA-II) devreye girdiği aşamadır.

Modelin Uygulanması

Modelin uygulanması için İstanbul'un Kağıthane ilçesi seçilmiştir. Şekil 9'da görülen arazi, sınırları içerisinde bulunan Kağıthane Deresi ile sürdürülebilir arazi planlama mo-

deli için iyi bir test alanı olmuştur. İlk olarak arazi üzerinde bulunan korunacak elemanlar ve kullanılmış alanlar tespit edilmiş ve sonucunda Şekil 9'da görülen görsel arazi tanımlaması yapılmıştır.

Sonraki adımda Excel'de arazinin sayısal matrisi hazırlanmıştır. Kağıthane Deresi korunacak olan su elemanı olarak matriste "8" ile temsil edilmiş ve mavi renkte gösterilmiştir. Çevresindeki mevcut yeşil alan "9" ile gösterilmiştir ve bu bölge de koruma altındadır. Matriste "1" sayısı ile yapılaşma olabilecek boş hücreler tanımlanmıştır. Son olarak arazideki mevcut korunacak ağaçlar "2" ile gösterilmiştir (Şekil 10).

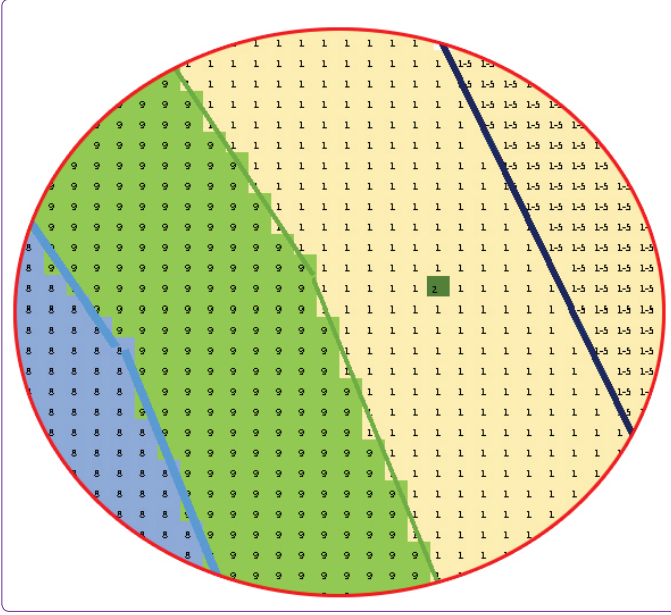
Arazinin sayısal olarak tanımlanmasından sonraki adım kullanıcı ara yüzüne, seçilen Kağıthane arazisi ile ilgili verileri girmektir. Kullanıcı ara yüzüne girilen araziye ait değerler şu şekildedir:

- İklim tipi: Sıcak,
- Hâkim rüzgâr yönü: Doğu
- Manzara Yönü: Batı,
- TAKS: 0.25,
- KAKS: 1.2,
- Maksimum bina yüksekliği: 45.50 m,
- Açık alan yüzdesi: %20

Arazi değerlerinin ve her nesilde üretilmesi istenen birey sayısının girilmesinden sonra "ÜRET" tuşu ile ilk arazi bireyleri üretilmeye başlanır. "DURDUR" ile üretim duraklatılarak üretilen bireyler incelenebilir. Her üretimin altındaki butonla 3 boyutlu arazi yerleşimi görülebilmektedir.



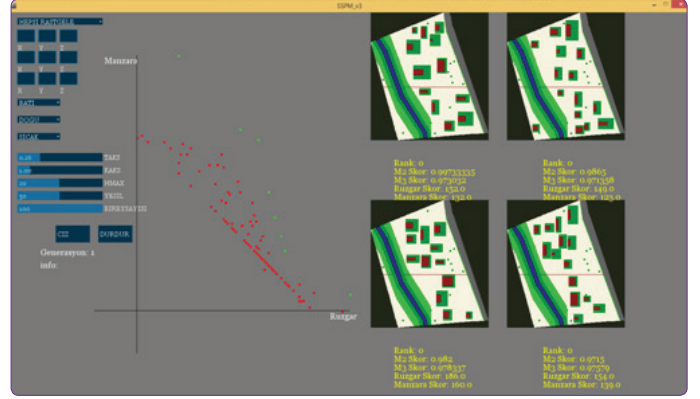
Şekil 9. Seçilen arazinin görsel tanımı.



Şekil 10. Arazinin Excel'de hazırlanan matrisinden bir bölüm.

Tekrar "ÜRET" tuşuna basılarak üretim kaldığı yerden devam ettirilebilir.

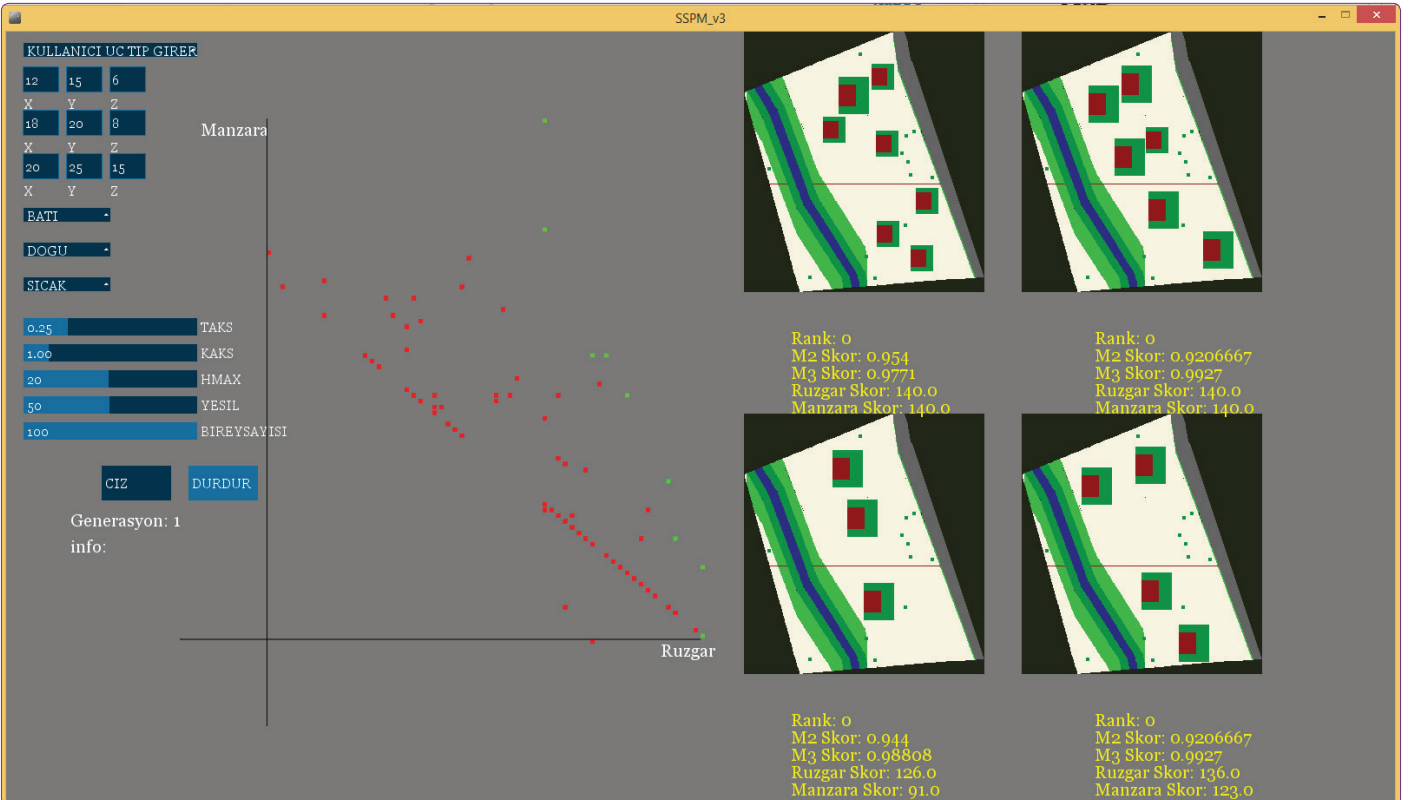
İlk olarak Kağıthane arazisinde rastgele tiplerde üretim gerçekleştirilmiştir, her neslin birey sayısı 100 olarak belirlenmiştir. Şekil 11'de oluşan ilk neslin en yüksek puana sahip 4 bireyi kullanıcı arayüzünde görülmektedir. Üretilen



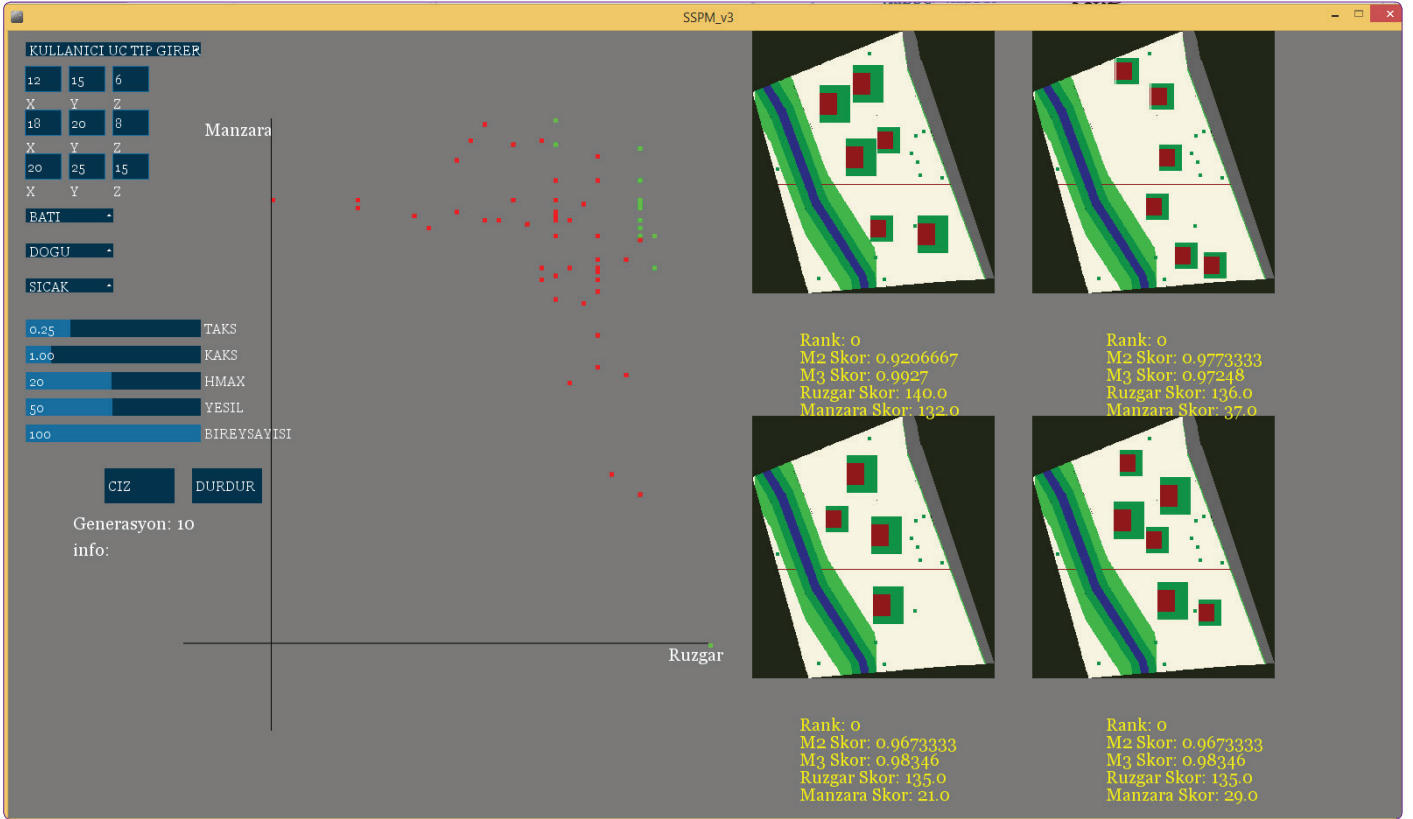
Şekil 11. Rastgele üretilen bina tipleri 1. nesil.

her bireyin altında farklı her fonksiyon için aldığı puanlar görülmektedir. Her neslin manzara ve rüzgâr puanlarına göre oluşturulan pareto eğrisi de arayüzde yer almaktadır. Şekil 11'de örnek olarak verilen pareto diyagramında, yeşil noktalar rütbesi "0" olan pareto-optimal bireyleri, kırmızı noktalar ise pareto optimal olmayan yani başka bir birey tarafından bastırılan bireyleri göstermektedir.

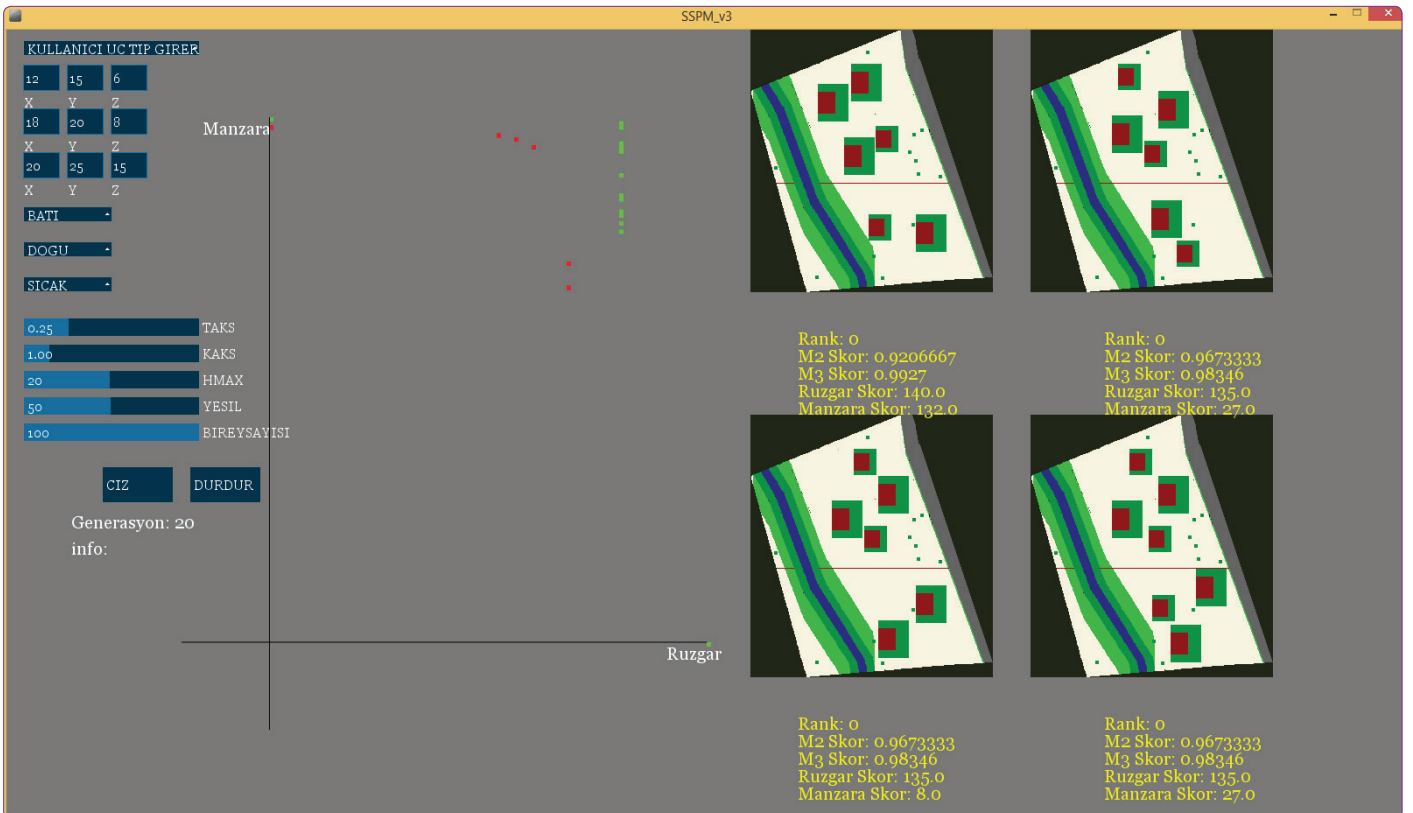
Bastırılmamış pareto optimal birey "0" rütbeye sahiptir, bu da hem rüzgâr hem de manzara puanını maksimize eden ve başka hiçbir birey tarafından bastırılmayan birey olduğunu göstermektedir. Rütbesi "0" olan birey, kullanıcı arayüzünde ilk sıraya yerleştirilir ve başka bir birey tarafından bastırılana kadar yeri korunur. Kullanıcı üretimi dur-



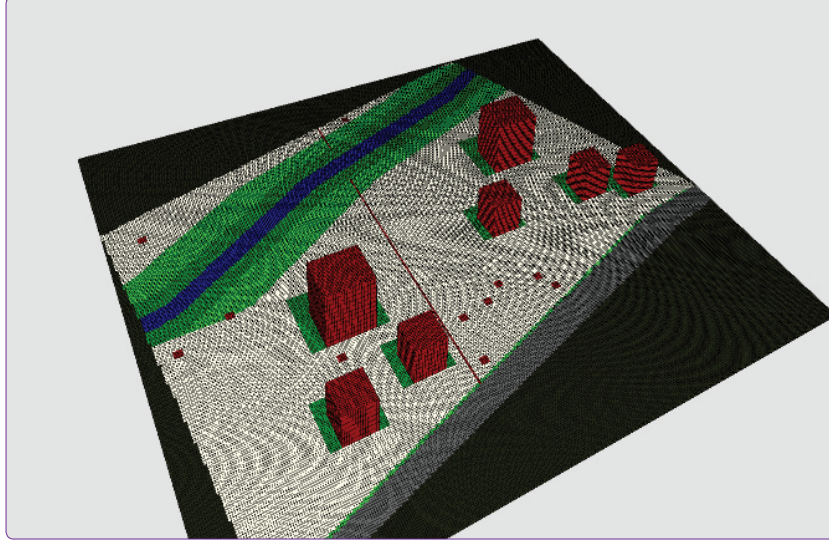
Şekil 12. Üç tip blok üretimi 1. nesil.



Şekil 13. Üç tip bloktan oluşan üretimin 10. nesil bireyleri ve pareto eğrileri.



Şekil 14. Üç tip bloktan oluşan üretimin 20. nesil bireyleri ve pareto eğrileri.



Şekil 15. Seçilen pareto-optimal bireyin 3 boyutlu gösterimi.

durana kadar model yeni bireyler üretmeye ve puanlarına göre değerlendirmeye devam edecektir.

Şekil 11’de ilk üretilen bireylere bakıldığında arazideki korunması gerekli ağaçlar dikkate alınarak blok yerleşimleri yapılmış, Kağıthane Deresi ve 30’ar metre çevresi de koruma altına alınarak bloklar bu bölgeden uzağa yerleştirilmiştir. Bloklar manzaraya yönelmiştir. Birbirinin manzarasını kesmeyen fazla puanlı alternatiflerin üretim şansı da fazladır. Sıcak iklimde amaç rüzgârı maksimize etmektir. İlk nesilde pareto eğrisi eniyileme tamamlanmadığı için daha doğrusaldır; bu nedenle Kağıthane arazisi için manzara ve rüzgar pareto eğrisi her iki fonksiyonu da maksimize edecek şekilde nesil ilerledikçe pareto eğrisi konkav olarak şekillenecektir.

Şekil 12’de 3 farklı boyutta bina tipi kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir. Bina boyutları büyüdüğünde yerleştirilen bina sayıları azalmış ve bina yüksekliğine bağlı olarak arka ve yan bahçe mesafeleri artmıştır.

Y ekseninde manzara puanı, x ekseninde ise rüzgâr puanı görülmektedir. Nesil ilerledikçe pareto eğrisi sıcak iklime sahip olan Kağıthane arazisi için hem manzara hem de rüzgar fonksiyonlarını maksimize etmek için konkavlaşacaktır çünkü her iki fonksiyonda da en yüksek puana sahip bireylerin seçim şansı daha yüksektir. Şekil 13’te üç tip bloktan oluşan bu üretimin 10. nesline ait pareto eğrisi verilmiştir. Şekil 14’te ise 20. nesile ait pareto eğrisinin değişimi gözlemlenir. 20. nesile ait pareto eğrisi tamamen konkav olarak görülmekte ve yeşille gösterilen pareto-optimal bireyler hem manzara hem de rüzgarı maksimize etmiş ve üretilmiş diğer hiçbir birey tarafından bastırılmamış bireyler olarak karşımıza çıkmaktadır.

“DURDUR” ile üretim duraklatılarak üretilen bireyler incelenebilir. Seçilen herhangi bir bireyin 3 boyutlu arazi yer-

leşimi görülebilmektedir. Tekrar “ÜRET” tuşuna basılarak üretim kaldığı yerden devam ettirebilir. Şekil 15’te üç tip bloktan oluşan üretimin 20. nesilindeki en yüksek puana sahip bireyi 3 boyutlu olarak görülmektedir.

Sonuçlar

Sürdürülebilir Yerleşim Planlama Modeli (SSPM) sadece bina yerleşim planlama modeli olarak değil, eskiz aşamasından başlayarak sürdürülebilir arazi kullanımına ve yeşil bina sertifika sistemlerinin ve yapı şartnamelerinin gereklerine öncelik sırasına göre değer veren, bütünleşik bir model olarak ele alınmıştır. Bu çalışmada çok amaçlı genetik algoritmalar içerisinde en iyi performansı gösteren NSGA-II algoritması pareto temelli olarak kullanılmıştır.

Sürdürülebilir bina tasarımını amaçlayarak geliştirilen pek çok evrimsel modelden farklı olarak, arazideki kot farklarını ve üretilen bina yüksekliklerini 3. boyutta kullanıcıya gösteren SSPM modeli, gerçek arazi verilerini sayısal olarak kullanarak, arazideki korunacak ağaçları, su öğelerini ve yeşil alanları üretimlerine dâhil etmektedir. Böylece güncel veri grubu üzerinden üretimlerini yaparak gerçekçi sonuçlar vermektedir.

Modelin sınanması için Kağıthane’deki bir arazi kullanılmıştır. Araziye ait TAKS, KAKS, hmax, manzara, rüzgar ve iklim verilerine göre üretilmiş ilk popülasyon, sonrasında NSGA-II algoritması döngüsü içerisinde sokularak pareto-optimal arazi yerleşim bireyleri elde edilmiştir. Elde edilen ilk neslin pareto eğrisi eniyileme tamamlanmadığı için doğrusal olarak elde edilmiştir. Nesil ilerledikçe pareto eğrisi sıcak iklime sahip olan Kağıthane arazisi için hem manzara hem de rüzgar fonksiyonlarını maksimize etmek için konkavlaşmıştır. İleriki nesillerin pareto grafiğinde yeşille gösterilen pareto-optimal bireyler hem manzara hem de rüzgarı maksimize etmiş ve üretilmiş diğer hiçbir birey

tarafından bastırılmamış en yüksek puanlı bireyler olarak karşımıza çıkmıştır.

Özellikle yoğun yapılaşmaya izin veren araziler üzerinde birbiriyle çakışan arazi yerleşim kriterlerini göz önünde bulundurarak blok yerleşimlerini yapmak geleneksel yöntemle oldukça zaman almaktadır. Modelin ürettiği pareto-optimal arazi bireyleri çok amaçlı genetik algoritma ile bir kaç dakika içerisinde oluşturulabilmektedir.

Modelde blok tipi ise 3 ile sınırlandırılmıştır.Yerleşim, manzara ve rüzgâr açıları kuzey-güney-doğu ve batı olmak üzere doğrusaldır, açılı yerleşimler modelde üretim dışında tutulmuştur.SSPM modeli, eklenebilecek farklı uygunluk fonksiyonları ile şehir ölçeğinde de konut bölgelerine yerleşim önerileri yaparak, yardımcı bir karar destek modeli olarak kullanılabilir.

Kaynaklar

- Alexander, C., Chermayeff, S. (1963) *Community and Privacy*, Doubleday and Co., USA.
- Angeline, P.J. (1995) Adaptive and Self-Adaptive Evolutionary Computations. In: *Computational Intelligence: A Dynamic System Perspective*, M. Palaniswami, Y. Attikiouzel, R. Marks, D. Fogeland T. Fukuda (eds.), Piscataway, NJ: IEEE Press, s. 152-163.
- Bäck T., Schwefel H.P. (1993) "An Overview of Evolutionary Algorithms for Parameter Optimization", *Evolutionary Computation*, Sayı: 1(1), s. 1-23.
- Chen, X. (2001) Pareto Tree Searching Genetic Algorithm Approaching Pareto Optimal Front by Searching Pareto Optimal Tree, Technical Report NK-CS-2001-002, Department of Computer Science, Nankai University, Tianjin, China.
- Deb, K. (2001) *Multi-objective Optimization Using Evolutionary Algorithms*, John Wiley&Sons, Chichester.
- Erdoğan, E., Sorguç, A.G. (2011) Hesaplamalı Modeller Aracılığıyla Mimari ve Doğal Biçim Türetim İlkelerini İlişkilendirmek, *METU JFA*, s. 26-281.
- Guan C.U., Chen Q., Mo W. (2005) Evolving Dynamic Multi-Objective Optimization Problems with Objective Replacement, *Artificial Intelligence Review*, Sayı: 23(3), s. 267-293.
- Harputlugil, G.U. (2010) Analysis and Simulation on Energy Performance Based Design, *Megaron*, Sayı: 6(1), s. 1-12.
- Holland, J. H. (1975) *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. University of Michigan Press.
- Mitchell, M. (1996) *An Introduction to Genetic Algorithms*, A Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, s. 7-12.
- Wang, W., Zmeureanu, R. And Rivard, H. (2005) Applying Multi-objective Genetic Algorithms in Green Building Design Optimization, *Elsevier*, Sayı: 40(11), s.1512-1525.
- Rivard, H. (2006) Computer Assistance for Sustainable Building Design, Canada Research Chair in Computer-Aided Engineering for Sustainable Building Design, G-ICE'06 Proceedings of the 13th international conference on Intelligent Computing in Engineering and Architecture, s. 559-575.
- Yu P.L. (1985) "Multiple Criteria Decision Making: Concepts, Techniques and Extensions", Plenum, New York.
- Zelinska, A.L., Church, R., Jankowski, P. (2008) Sustainable Urban Land Use Allocation with Spatial Optimization, *Journal of Geographical Information Science*, Sayı: 22(6), s. 601-622.
- USGBC, (2005) *LEED for New Construction & Major Renovations V.2.2*, USA.
- BREEAM, (2008) *BRE Environmental Assessment Method*, UK.
- İstanbul İmar Yönetmeliği, (2007) *Türkiye*.
- TS825, (1999) *Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı*, Türk Standartları Enstitüsü, Türkiye.