

YERALTI METRO İSTASYON YAPILARINDA ALGORİTMİK TASARIM İLE MEKAN YERLEŞİM KARARLARININ GELİŞTİRİLMESİ

Azize KARADOĞAN (ORCID: 0000-0001-5779-3222)

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta: 20182109007@msgsu.edu.tr

ÖZET

Modern toplum altyapılarının önemli bir parçası olan yeraltı metro istasyonlarının geleneksel olarak çözümlenmiş plan tasarımı, gelişen teknolojinin sunduğu sayısal sonuçlara dayanan farklı yöntemler ile analiz edilebilir ve geliştirilebilir. Yeraltı metro istasyon yapıları, yapı sınırları ve mekân ihtiyaçları bakımından belli sınırları olan ve şartnameler ile ön koşulları belirlenmiş, birçok üst ve alt yapı projesine göre farklı bir tasarıma sahiptir. Üretken tasarımda kullanılan yöntemlerle yapının ihtiyaçları doğrultusunda oluşturulan kısıtlamalar sayesinde alternatif çözümler üretilebilir. Geleneksel mekân çözümünde ulaşılan alternatiflerden daha farklı sonuçlar elde edilebilir. Bu çalışma, metro istasyonları için üretken tasarım metodlarından faydalanılarak mekânı analiz edebilmeyi sağlayan sayısal bir tekniğin oluşturulması ile mekân diziminin oluşturulmasında kullanılan algoritma yaklaşımını açıklamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı Metro İstasyon Yapıları; Üretken Tasarım, Parametrik Tasarım; Üretken Planlama, Mekân Dizimi.

ABSTRACT

Traditionally resolved plan design of underground subway stations, which are an important part of modern society infrastructures can be analyzed and developed with different methods based on the numerical results presented by emerging technologies. Underground metro station structures have a different design according to many superstructure and infrastructure projects, which have certain boundaries in terms of building boundaries and space requirements, and have been determined with specifications and prerequisites. Alternative solutions can be produced thanks to the restrictions created in line with the needs of the building with the

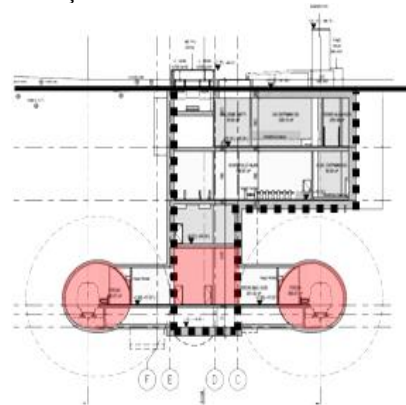
methods used in generative design. Different results can be obtained from the alternatives reached in the traditional space solution. This research proposes an algorithm approach by using the space syntax to form a numerical technique to analyze space by utilizing generative design methods for subway stations.

Keywords: Underground subway stations; Generative design, Parametric design; Generative planning; Space syntax.

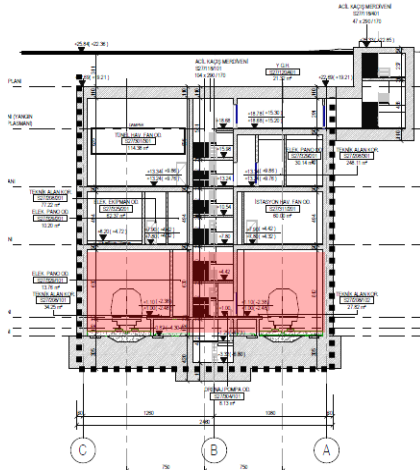
1.GİRİŞ

Yaşadığımız yüzyılda ekonomik, turistik, sosyal ve kültürel faaliyetlerin iyileştirilmesinde ulaştırma yapıları önemli bir yer tutmaktadır. Olumsuz çevresel koşullarına bağlı olarak artan nüfus, ulaşım zorluğu, trafik yoğunluğu gibi nedenler daha etkin ulaştırma hizmetlerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ulaştırma hizmet yapıları arasında yer alan yeraltı metro istasyonları diğer kara ulaşımı yöntemlerine göre uğraş gerektiren, maliyetli bir sistem olsa da yer altında olduğundan diğer ulaşım araçları ve hava koşullarından etkilenmeyen, hızlı ve insan odaklı konforu arttıran bir sistemdir.

Yeraltı metro istasyonları, yapım yöntemi iki şekilde incelenebilir. Bunlardan birincisi peron yapım yöntemi olarak delme tünel diğeri ise aç-kapa (cut and cover) yapım yöntemidir. Bu yapım yöntemine göre peron platformu Şekil.1'deki gibi daire kesitli ve Şekilde.2'deki dikdörtgen kesitli formdan oluşur.



Şekil 1. Doğu Sanayi İstasyonu Kesiti



Şekil 2.Çobançeşme-Kuyumcukent İstasyonu Kesiti

1.1. Metro Yapılarında Tasarım Kriterleri

Yeraltı metro istasyonlarının yapım sonrası işletme süresi yaklaşık olarak yüz yıl olarak öngörülmüştür. Bugüne kadar yapılmış metro yapılarından elde edilen geleneksel tecrübelerle dayanarak metro istasyonlarında yardımcı bazı bölümler bulunmaktadır. Bu bölümler içerisinde, yolcuların treni beklediği alan olan peron platformu, bilet alış ve turnike geçiş alanının yer aldığı bilet holü katı, istasyon elektromekanik ve personel mahallerini kapsayan teknik alanlar, düşey sirkülasyonu sağlamaya yardımcı merdiven grupları ve asansörler bulunmaktadır.

Metro istasyonlarını oluşturulan bu yardımcı bölümler, çeşitli mahalleri barındırır. Bu mahallerin ihtiyaç gereksinimleri geleneksel yöntemlere dayanan hesaplar, standartlar ve şartnameden gelen veriler sonucunda belirlenmiştir. Hesaba dayalı istasyon kapasite değerlerinin alındığı geleneksel yöntemden Tablo.1’de gösterildiği gibi minimum peron alanı, bilet holünü, turnike sayısı, merdiven grubu genişlikleri ve adetleri alınır.

| Tablo 8: İstasyon Dolaşım Gereksinimleri | | | |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---|-----------------|
| İSTASYON ADI | H. Ahmet Yesevi | | |
| İSTASYON TİPİ | ORTA PERON, PERON TUNEL – BİLET HOLÜ AÇ-KAPA İSTASYON | | |
| SEÇİLEN DORUK SAAT | (Sabah Doruk) | | |
| TAHMİN YILI | 2023 | | |
| DİZİ SÜRE ARALIĞI | (dak.) | 2 | Teknik Şartname |

| | Birim | | | Toplam |
|--------------------------------------------------------|-------------------|---------------|-----------------|--------|
| | | P1: | P2: | |
| Net Peron Alanı | (m ²) | 308 | 308 | 616 |
| Bilet Holü Alanı | (m ²) | Kontrolü: 100 | Kontrolsüz: 206 | 306 |
| Peron Merdiven Genişlikleri | (mm) | 1800 | + 1800 | 3600 |
| Yürüyen Merdiven Genişliği | (mm) | 1000 | | |
| Peron Yürüyen Merdiven Sayısı | (adet) | 2 | + 2 | 4 |
| Peron Yürüyen Merdiven Sayısı (Yukarı) (0.65m/sn) | (adet) | | | 2 |
| Peron Yürüyen Merdiven Sayısı (Aşağı) (0.65m/sn) | (adet) | | | 2 |
| Turnike Sayısı | (adet) | 4 | + 1 | 5 |
| Geniş (Özel) Turnike Sayısı (*) | (adet) | | | 1 |
| Bilet Holü Merdiven Genişlikleri | (mm) | 1800 | + 0 | 1800 |
| Bilet Holü Yürüyen Merdiven Sayısı | (adet) | 2 | + 0 | 2 |
| Bilet Holü Yürüyen Merdiven Sayısı (Yukarı) (0.65m/sn) | (adet) | | | 1 |
| Bilet Holü Yürüyen Merdiven Sayısı (Aşağı) (0.65m/sn) | (adet) | | | 1 |

Tablo 1.Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Dolaşım Gereksinim verileri

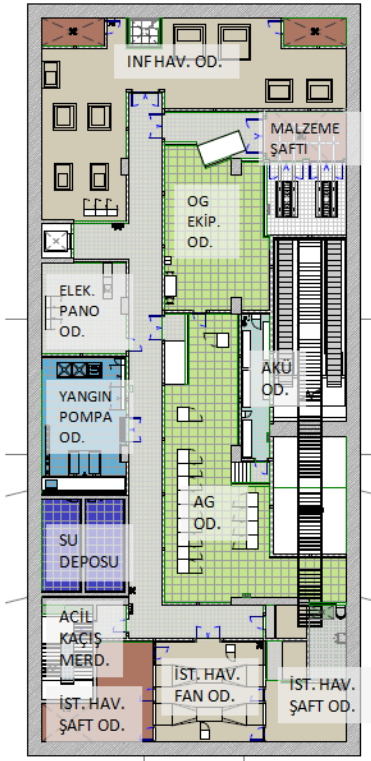
Standartlar ve proje şartnamesi verileri sonucunda ise teknik alan mahallerinin boyutları, yer alacağı kat, mahal adeti, mahallin yeri ile ilgili birçok tanım belirtilmiştir. Tablo.2’ de proje şartnamesindeki elektromekanik mahallerin birkaçının yer aldığı tanımlar gösterilmiştir.

| Odanın İsmi | Odanın Bulunduğu Yapı | Tercih Edilen Konum | Oda Adedi | İstenen minimum oda alan/yükseklik |
|------------------|-----------------------|-------------------------|-----------|------------------------------------|
| AG ekipman Odası | Tek konkorslu yapı | İstasyon Ortasında | 1 Adet | 100m ² , 5m |
| OG Ekipman Odası | Tek konkorslu yapı | İstasyon Ortasında | 1 Adet | 140 m ² , 5m |
| DC Ekipman Odası | Tek konkorslu yapı | Konkors Ortasında | 1 Adet | 90 m ² , 5m |
| OG Ekipman Odası | Çift konkorslu yapı | Konkors Ortasında | 2 Adet | 60m ² , 5m |
| DC Ekipman Odası | Çift konkorslu yapı | Konkors Ortasında | 2 Adet | 100m ² , 5m |
| AG ekipman Odası | Çift konkorslu yapı | Konkors Ortasında | 2 Adet | 140 m ² , 5m |
| Akü Odası | Tüm İstasyonlar | AG Ekipman odası içinde | 1 adet | 25 m ² |

Tablo 2. Teknik Şartnamede yer alan mahal nitelik ve nicelik bilgileri

Tablo.2’de gösterildiği gibi metro tasarımında yer alan temel bölümler standart gereksinimleri,

şartname maddeleri ve işletme talepleri doğrultusunda alınan veriler doğrultusunda istasyon tasarımı yapılarak dış duvar sınırlarının belirlendiği bir şema üzerine mahal yerleşimi organize edilmektedir. Mahal yerleşimi organizasyonunda işletme talepleri doğrultusunda, istasyondaki personel ve güvenlik ihtiyacı gereksinimlerinden dolayı bazı mahallerin yan yana ve aynı kat içerisinde bulunması gerekmektedir. Bu sınırlamalar mahal yerleşiminde kimi zaman kolaylık sağlarken kimi zaman da bir bulmaca parçası sistemi oluşturduğundan zorluklar çıkarabilir. Bu zorluklardan bazıları, kat sınırları içerisinde yer alan üstten ve alttan gelen şaft boşluklarının mekânı bölmesi, asansör boşluğu, merdiven grubu altında kalan alanlar, ıslak hacim altında yer almaması gereken mahaller olarak sıralanabilir.



Şekil 3. Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik kat mahal yerleşimi

Şekil.3'te yer alan kat planında dış duvarlar ile çevrelenmiş sınırlar içerisinde alt kattan gelen şaft boşlukları korunarak yer alan plan üzerinde uygun görülen elektromekanik mahal yerleşimi yapılmıştır.

Yapılan bu yerleşim sonrasında farklı disiplinlerden mahal yerleşimleri ve mekân alanlarının yetersizliği ile ilgili Tablo.3' de yer almaktadır.

| Mimari | Res_OG Odası | OG odasına rampa yerleşimi yapılarak mahal yerleşimi etüt edilmelidir. |
|----------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mekanik | Res_INF Odası | INF Havalandırma odası ekipman yerleşimleri için alan yetersiz görülmektedir. Yerleşim değerlendirilmelidir. |
| Mekanik | Res_YM Panoları | YM Panoları gerçek ebatları olacak şekilde oda için tefriş edilmelidir. |
| Elektrik | Res_OG Pano Grubu | Pano arkasında kapı istenmemektedir. Kapı yerleşimi düzeltilmelidir. |
| Elektrik | Res_YKP Panoları | Su Deposu içindeki pano tesisi müdahale için uygun değildir. Oda yerleşimi revize edilmelidir. |

Tablo 3. BIM Koordinasyon Toplantısında alınan farklı disiplinlere ait mahal ile ilgili yorumlar

Mimarlar, ihtiyaç gereksinimlerini dikkate alarak uygun çözümün fonksiyonel olmasını dikkate alarak plan çözümünü yapmaya gayret gösterirler. Şekil.3'te yer alan plan çözümünde oda minimum gereksinimleri, oda içlerindeki ekipman yerleşimi ve bazı mahallerin birbiriyle olan yakınlık ilişkisi göz önünde bulundurularak herhangi bir üretken tasarım aracı kullanılmadan kat içinde yerleşim yapılmıştır.

Geçmişten günümüze gelen tecrübelerle dayalı bu plan çözümünün, günümüz tasarım teknolojisinin geldiği nokta düşünüldüğünde üretken tasarım metodlarından faydalanılarak uzun süre kalıcılığını koruması öngörülen metro yapıları ile ilgili farklı tasarım seçenekleri üretilebilir. Üretilen alternatif tasarımlar, tasarımcıya yeni yollar gösterirken ayrıca bu tasarım seçenekleri ile özellikle ön proje aşamasında genel taslağı oluştururken tasarımcıya kolaylık sağlayarak uygulama projesi aşamasında, tasarımcıyı plan çözmeye uğraştırmak yerine sadece uygulama projesinde yer alan detay projeleri ile ilgilenmesine yardımcı olur.

2.ÜRETKEN TASARIM (GENERATIVE DESIGN)

Üretken tasarım, yüksek seviyeli hedefleri ve kısıtlamaları tanımlamak, geniş bir tasarım alanını otomatik olarak araştırmak ve en iyi tasarım seçeneklerini tanımlamak için hesaplamaların gücünü kullanmaktır (Villagi ve Nagy, 2017).

Üretken sistemler, üründen çok süreç gelişimi ile ilgili olan metot veya metotlar bütünü olarak tanımlanabilir. Bilgisayar destekli üretken tasarım kavramı ise farklı çözüm alternatifleri oluşturmak

ve beklenmeyen alternatif çözümleri keşfetmek amacıyla olasılıklar üreten sistemler olarak hesaplamalı tasarım araçlarının kullanılmasıdır. Üretken tasarımda yer alan algoritmik yöntemler, oluşturulan belirli kısıtlamalar sayesinde tasarımcıya en uygun alternatifi seçmek için çözümler kümesi sunmak için kullanılır.

Geleneksel yaklaşımda hesaplamalarının gücünü kullanmak, bilgisayar ortamından farklılık göstermektedir. Tasarımcı geleneksel tasarımda, tasarım düşüncesini çeşitli temsiller aracılığıyla görsel düşünme ve imgelem ile ifade etmektedir (Goldschmidt,1994). Bilgisayar ortamında ise gerçekleştirilen hesaplama ve algoritmaya dayalı bu yöntem, görsel düşünme ile algoritmik düşünme yaklaşımını da gerektirmektedir. Bu yüzden sayısal tabanlı tasarım ortamı, geleneksel tasarım ortamından farklılık göstererek tasarımcıya farklı tasarım seçenekleri imkânı sunmaya yardımcı olur.

Kavramsal olarak, bilgisayar destekli tasarımdan (CAD), bilgisayar destekli mimari tasarıma (CAAD) ve hesaplamalı tasarıma (computational design) doğru bir evrimin yaşanmaktadır. Bu durumda bilgisayarı, sadece görselleştirme aracı olmayıp sayısal tabanlı bir tasarım ortamı olarak düşünmek gerekmektedir (Akipek ve İnceoğlu,2007).

Sayısal tabanlı tasarım süreçlerinde, tasarım aşamasından önce sürecin tasarımı ve araştırılması önem kazanmaktadır. Bu durumda tasarım araştırma (design research) kavramı üzerinde durmak gerekebilir. Cross' a göre, bu kavram, tasarımcının, tasarladığı ortamın sınırlarını yeterli bulmayıp, tasarım alanları ile ortak bir dil geliştirmenin gerekliliğini vurgulamaktadır (Cross,1995).

2.1. Algoritmik Tasarım (Algorithmic Design)

Algoritma, bir problemin çözülmesi için sınırlı sayıda adımla gerçekleştirilebileceğini ifade eder. Algoritma mantığının oluşabilmesi için rasyonel düşünebilme ve sistematik yaklaşabilmek gerekmektedir. Bu düşünce sisteminin niteliği mimari tasarım düşüncesi ile örtüşmektedir. Algoritmik düşünce yapısı, geleneksel tasarımdan farklı olarak, tasarım problemini sayısal ortamda çözümler üretebilme ve sistematik yaklaşım niteliği ile önem kaydetmektedir (Çolakoğlu ve Yazar, 2007). Algoritmik düşünce yapısı bu özellikleri ile tasarımcıya, farklı alternatif seçeneklerini keşfetmesini ve bu seçenekleri geliştirmesini sağlamaktadır.

Kolarevic' e göre algoritmik düşünce yapısı, el-göz koordinasyonu dışında farklı geometrileri keşfetme,

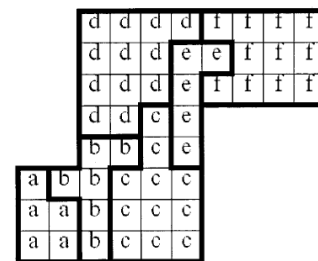
diğer bir yandan da oluşturulan tasarımlarda öngörülemezlikleri fark ederek, kontrol altına alabilme özelliğine sahiptir (Kolarevic,2003). Ayrıca tasarımcının algoritma kullanması, tasarımın problem çözümünde matematiksel yöntemlerden faydalanarak geleneksel tasarımdan önemli ölçüde ayrıldığını ve tasarım sonuçlarının kesinleşmesine yardımcı olduğu söylenebilir.

Bilgisayar destekli tasarım araçlarının arka planında algoritma kurgusu yatmaktadır. Bu sayede yazılımlar çalışır ve kullanılırlar. Tasarım araçları, tasarımcıya çözmesi gereken problemlere yönelik bazı nesne ve fonksiyonları hazır olarak sunmaktadır. Tasarımcı, yazılımın sunduğu nesne ve fonksiyonları değiştirmeye veya bu nesne ve fonksiyonları kendisi üretmeye başladığı zaman algoritmik düşünce yapısını özümsemeye başlar. Algoritmik düşünce yapısını kullanmaya ve geliştirmeye yönelik yazılımlar gün geçtikçe artmaktadır. Bu yazılımlar, tasarımcının problemleri çözmesinde problemlere yönelik sorunları tespit etmesini kolaylaştırarak bunları sayısal olarak sonuçlandırmaya yardımcı olur. Bu tasarım araçlarına Autodesk Dynamo ve Grasshopper 3D gibi yazılımlar örnek gösterilebilir. Autodesk Dynamo ve Grasshopper 3D gibi görsel programlama yazılımları, parametrik-algoritmik tasarıma imkân vermesi, tekrar eden işleri otomatikleştirme gibi özellikleri ile bilgisayar ortamında tasarım problemlerini gidermek amacıyla geliştirilmiş yazılım araçlarıdır.

2.2. Mekân Konfigürasyonu

İnsan hareketlerine göre mekanların birbiriyle ilişkilendirildiği mimari tasarımda, mekânsal ilişkiler ve mekanlar soyut bir biçimde geometrik olarak çeşitli temsiller aracılığıyla ifade edilir. Mekânı tanımlamaya yardımcı bu çizgiler birbirleriyle sonsuz alternatifle bir araya gelebilir. Sonuç olarak çizgilerin birleşmesi, kopması veya kesişmesi ile fonksiyonel bir alan tanımlanır (Erman,2007).

Mekân konumuna göre bir yaklaşım, mevcut alanı bir dizi ızgara karesi olarak tanımlamak ve her bir kareyi belirli bir odaya ya da bölüme ayırmak için bir algoritma kullanmaktır (Michalek ve ark, 2002) (Şekil.4).

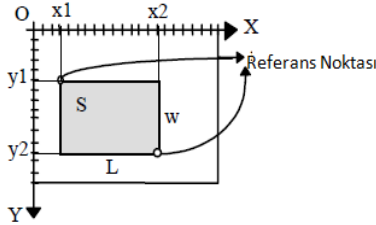


Şekil 4. Örnek sabit ızgara gösterimi

Bina düzeni tasarım alanını temsil etmenin diğer bir yaklaşımı, topoloji ve geometri olarak sorunu iki kısımda incelemektir. Topoloji, düzen bileşenleri arasındaki mantıksal ilişkileri ifade eder. Geometri ise düzendeki her bileşenin konumunu ve boyutunu ifade eder. Ayrıca topolojik kararlar geometrik tasarım alanı için kısıtlamalar tanımlar. Örneğin, metro yapısında teknik katta yer alan OG Ana dağıtım pano odası ile AG odası yan yana konumlandırılma zorunluluğu geometrik koordinatları sınırlar.

2.2.1 Geometri Optimizasyonu

Bilgisayar ortamında ortogonal geometriyi oluşturmak için, Şekil.5’ deki gibi uzaysal bir dikdörtgen çarşılır.

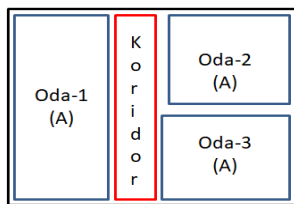


Şekil.5 Mekân sınıfının Geometrik Gösterimi

Bu sınıf, bir tanımlayıcı da iki referans noktası (x_1, y_1) ve (x_2, y_2) (dikdörtgenin tersi), bir uzunluk (L), bir genişlik (W) ve bir yüzey alanı (S) ile karakterize edilir. Tanımlayıcı hariç tüm bu özellikler, tam sayılarla kısıtlanmış değişkenlerdir (Medjdoub ve Yannou, 1999).

Birimler, işlevlerine göre çeşitli kategorilere ayrılır: Odalar, Sınırlar, Koridorlar ve Erişim Yolları. Bir Sınır, içinde barındırılan diğer Birimleri olan bir ana birimdir ve yaşama alanı birimi olarak kabul edilmemesi gerekir (Michalek ve ark, 2002).

Koridor, birimleri birbirine bağlayan ve birimlerin sınırları arasında kalmış olduğundan oda niteliği taşımayan bir bağlantı yoludur. Erişim yolu işlevi gören koridorlar, geometrik olarak iki birimi kesiştirmek ile sınırlandırılır. Erişim yolları genellikle küçük olmakla sınırlıdır ve diğer iki birimi kesiştirmek zorunda kalırlar.



Şekil.6 Dört farklı birimi gösteren örnek düzen şeması

Şekil.6’ da “A” etiketli üç birim birimler arasındaki bağlantıyı sağlayan bir koridora bağlıdır. Dış duvarlar boyunca bulunan oda birimlerinin doğal ışıklandırma için pencereleri de olabilir. Her oda birimi için pencere yüksekliği ayarlanabilir ve pencere genişliği bir değişkendir. w_N ; w_S ; w_E ; w_W kuzey, güney, doğu ve batı pencerelerinin genişliğini temsil eder.

2.2.2 Matematiksel Geometri Optimizasyon Modeli

Tasarım optimizasyon problemi, x 'in tasarım değişkenlerinin vektörü, n 'nin değişkenlerin sayısı ve $h(x)$ ve $g(x)$ eşitlik ve eşitsizlik kısıtlamalarının vektörleri olduğu en küçük duruma getirilerek formüle edilir.

$$\begin{aligned} &\text{minimize} && f(x) \\ &\text{subject to} && h(x) = 0 \\ &&& g(x) \leq 0 \\ &&& x \in \mathbb{R}^n \end{aligned}$$

Şekil.7 Matematiksel geometri optimizasyon gösterimi

2.2.3 Tasarım Değişkeni

Her birime ait değişkenler, bir referans noktası konumunu içerir (x, y). Her duvara mesafeler (N, S, E, W) ve her üniteye eklenen herhangi bir pencerenin boyutu:

$$\begin{aligned} x &= \bigcup_{i=1}^n \{x_i, y_i, N_i, S_i, E_i, W_i, \omega_{N_i}, \omega_{S_i}, \omega_{E_i}, \omega_{W_i}\} \\ x_i, y_i, N_i, S_i, E_i, W_i &\in \mathbb{N}; \quad \omega_{N_i}, \omega_{S_i}, \omega_{E_i}, \omega_{W_i} \in \mathbb{R}_+ \end{aligned}$$

Pencere değişkenleri, belirli bir birim ve yön için pencere fiziksel olarak mevcut olmadığında açılır. Hesaplamaları ve gösterimi basitleştirmek için, tasarım değişkenlerinden kaynaklanan geometriyi tanımlamak için çeşitli “ara” değişkenler kullanılır. Aşağıdaki sonuç değişkenleri tasarım değişkenlerinden hesaplanır.

$$\begin{aligned} y_{N_i} &= y_i + N_i && \text{Birim kuzey duvar yeri} \\ y_{S_i} &= y_i - S_i && \text{Birim güney duvar yeri} \\ x_{E_i} &= x_i + E_i && \text{Birim doğu duvar yeri} \\ x_{W_i} &= x_i - W_i && \text{Birim batı duvar yeri} \\ l_i &= W_i + E_i && \text{Birim uzunluk} \\ w_i &= N_i + S_i && \text{Birim genişlik} \end{aligned}$$

Bu ilişkiler doğrusaldır, dolayısıyla bu ara değişkenlerin doğrusal fonksiyonları da orijinal değişkenlerin doğrusal işlevleridir.

2.2.4 Geometrik Tasarım Kısıtlamaları

Aşağıdaki kısıtlama grupları, belirli bir düzen problemi için uygun olan yerlerde uygulanabilecek bir kısıtlar araç kutusu oluşturur. Tasarımcı, kullandığı yazılıma oda, pencere vb. eklediğinde, varsayılan kısıtlamalar otomatik olarak modele eklenir. Tasarımcı ayrıca kısıtlamaları tek tek ekleyebilir, silebilir veya değiştirebilir.

Kısıtlama Kısıtı Grubu, Birlikleri ana bina Sınırına veya diğer gruplama Sınırlarına zorlar. Birim i'yi birim j' ye zorlamak için, aşağıdaki dört kısıtlamanın hepsinin karşılanması gerekir:

$$y_{N_i} \leq y_{N_j}, \quad y_{S_i} \leq y_{S_j}, \quad x_{E_i} \leq x_{E_j}, \quad \text{ve} \quad x_{W_i} \leq x_{W_j}$$

Yasak Kesişme Kısıtlaması, iki Birimi aynı alanı işgal etmesini önlemek için işlev görür. Varsayılan olarak, iki Birimi kesişmek zorunda kaldığı veya bir birimin bir diğerinin içine zorlandığı durumlar hariç olmak üzere, Oda, Koridor ve Erişim Yollarının her kombinasyonu için bir Yasak Kavşak Kısıtlaması eklenir. Birimi kesişen birim j' den korumak için, aşağıdaki sınırlamalardan en az biri karşılanmalıdır.

$$(x_{W_i} \geq x_{E_j}) \text{ veya } (x_{W_j} \geq x_{E_i}) \text{ veya } (y_{S_i} \geq y_{N_j}) \text{ veya } (y_{S_j} \geq y_{N_i})$$

Mantıksal bağlantı, bir min. işlevi kullanılarak negatif boş formda gösterilebilir.

$$\min(x_{E_j} - x_{W_i}, x_{E_i} - x_{W_j}, y_{N_j} - y_{S_i}, y_{N_i} - y_{S_j}) \leq 0$$

Kuvvet kesişimi sınırlama grubu, Birimler erişim sağlamak için (Bağlantı olarak) veya dikdörtgen Birimleri birleştirerek daha karmaşık bir geometrik şekil oluşturmak için kesişmek zorunda kaldığında kullanılır. Kesişimi zorlamak kesişmeyi yasaklamanın tam tersidir. Kuvvet kesişimi aşağıdaki kısıtlamaların birleşimiyle yazılabilir.

$$y_{S_i} \leq y_{N_j}, \quad y_{S_j} \leq y_{N_i}, \quad x_{W_i} \leq x_{E_j}, \quad \text{ve} \quad x_{W_j} \leq x_{E_i}$$

Bu kısıtlamalar, iki birimin kesişiminin sağlanmasına rağmen, bir noktada kesişmesine izin verirler. Mimarlar genellikle bir kapı veya açıklık için yeterli alan sağlayan bağlantı ile ilgilenir.

$$y_{N_j} - y_{S_i} \geq \max(d_i, d_j) \quad \text{Birim i, Birim j' nin kuzey duvarını ile örtüşür;}$$

$$y_{N_i} - y_{S_j} \geq \max(d_i, d_j) \quad \text{Birim i, Birim j' nin güney duvarını ile örtüşür;}$$

$$x_{E_j} - x_{W_i} \geq \max(d_i, d_j) \quad \text{Birim i, Birim j' nin doğu duvarını ile örtüşür;}$$

$$x_{E_i} - x_{W_j} \geq \max(d_i, d_j) \quad \text{Birim i, Birim j' nin batı duvarını ile örtüşür;}$$

Bunu modellemek için, en azından kapı veya açıklık kadar büyük olan Kartezyen yönlere birinde çakışmayı sağlamak için ek bir kısıtlama bulunmaktadır. Bu nedenle, kesişime ek olarak, aşağıdaki koşullardan en az biri karşılanmalıdır.

$$\min\{\max(d_i, d_j) - x_{E_j} + x_{W_i}, \max(d_i, d_j) - x_{E_i} + x_{W_j}, \max(d_i, d_j) - y_{N_j} + y_{S_i}, \max(d_i, d_j) - y_{N_i} + y_{S_j}\} \leq 0$$

Burada, birim i'deki bir kapı veya açıklık için minimum boyuttur. Bu ayrıştırıcı kısıtlama kümesi, eşdeğerlere benzer bir min. işlevi kullanılarak negatif boş formda gösterilebilir.

Kenara zorlayarak yapılan kısıtlamalarda, bir birimi bir pencere veya dış kapı nedeniyle bir sınırın kenarına zorlamak için kullanılır. Birinci birimin, birim j'ye zaten başka bir kısıtlama tarafından zorlandığı varsayılmaktadır. Bir Birimi belirli bir duvara zorlamak için, aşağıdaki kısıtlamalardan biri uygun şekilde eklenebilir.

$$y_{N_i} = y_{N_j}, \quad y_{S_i} = y_{S_j}, \quad x_{E_i} = x_{E_j}, \quad \text{veya} \quad x_{W_i} = x_{W_j}$$

Bir kenara bağlantı sağlanıp diğer kenarlara bağlı sağlamak zorunlu değilse, o zaman eşitlikteki ayrılmayı temsil etmek için aşağıdaki kısıtlama eklenebilir.

$$\min\{(x_{E_i} - x_{E_j})^2, (x_{W_i} - x_{W_j})^2, (y_{S_i} - y_{S_j})^2, (y_{N_i} - y_{N_j})^2\} = 0$$

2.2.5 Boyut Tanımlarına Bağlı Sınırlamalar Grubu

Üç tür sınırlama grubu içerir; minimum alan, minimum uzunluk ve genişlik, maksimum uzunluk ve genişlik.

| | |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|
| $A_{\min} - l_i w_i \leq 0$ | Minimum alan |
| $l_{\min} - l_i \leq 0$ and $l_{\min} - w_i \leq 0$ | Minimum uzunluk/genişlik |
| $l_i - l_{\max} \leq 0$ and $w_i - l_{\max} \leq 0$ | Maksimum uzunluk/genişlik |

Minimum Oran Kısıtlama Grubu, istenen fonksiyonelliği sağlamak veya kullanılmayacak uzun ve dar odaları önlemek için kullanılabilir. Minimum Oran Kısıtlama Grubu iki sınırlamadan oluşur.

$$R_{\min} l_i - w_i \leq 0 \quad \text{ve} \quad R_{\min} w_i - l_i \leq 0$$

2.2.6 Geometrik Tasarım Hedefleri

Minimize edilmiş bağlantı hedefi, bağlı birimleri bir araya getirir. Birimlerin bir arada tutulması için girişlerin küçük olması kısıtlanabilir. Alternatif olarak, Minimize edilmiş bağlantı hedefi, mümkünse birimleri bir araya getirmek için kullanılabilir, ancak aralarında bir bağlantı olması kaydıyla gerekirse ayrılmalarına izin verilir. Bu yöntem, tasarım durumuna bağlı olarak bağlantıların koridorlara benzer şekilde çalışmasını sağlar. Amaç şu şekilde formüle edilmiştir;

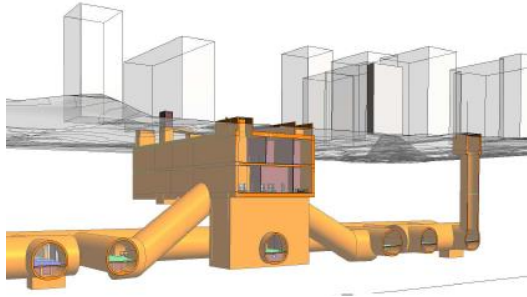
$$\text{minimize} \left(\sum_{i \in \text{Accessways}} l_i w_i \right)$$

İleri algoritmaların kullanımıyla, uygulanacak projenin niteliğine göre kullanılan bu kısıtlamalar değişkenlik gösterebilir. Örneğin, plan düzleminde yer alan odaların birbirleriyle ilişkileri her yapı türünde aynı değildir. Buna göre kullanılacak algoritma kısıtlayıcısı da değişecektir. Plan düzleminde mekanlar arası optimizasyon için farklı yöntemler de uygulanabilir. Kullanılacak yöntemlerden biri sayısal tabanlı yazılım araç içerisinde ileri algoritmalar kullanmaktır. İleri algoritma kullanabilmek için ileri düzey yazılım ve algoritma bilgisine sahip olmak gerekmektedir. Diğer bir yöntem olarak, görsel program araçlarında mekanlar arası ilişki kurulduktan sonra generative design (üretken tasarım) yapabilen yazılımlardan faydalanmak olabilir.

3.METROLARDA ÜRETKEN SİSTEMLERİN KULLANIMI

Bu makalede, mekân dizimi optimizasyon yaklaşımını açıklamak için Hoca Ahmet Yesevi metro istasyonu seçilmiştir. Burada, mekanların birbirleriyle ilişkileri ve nitelikleri üzerine durulup kısıtlayıcılar, başlıklar altında incelenecektir.

Mekân dizimin de kullanılacak kısıtlayıcıları kullanmak üzere teknik kat planı uygun görülmüştür. İstasyon peron kat, bilet holü katı ve teknik kat olmak üzere üç kattan oluşmaktadır. (Şekil.8)

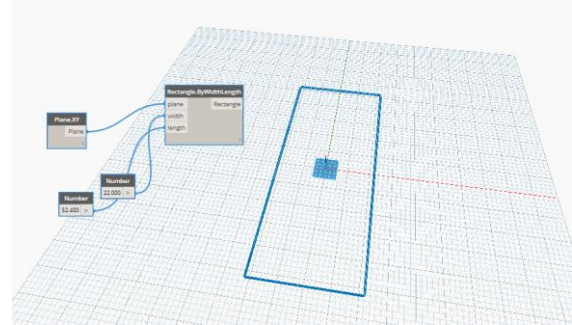


Şekil.8 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Perspektif Modeli

Teknik katta çoğunlukla elektromekanik mahaller bulunmaktadır. Bu mahallerin bazılarının birbiriyle yakınlık ilişkisi bulunurken bazıları ise konumları üst kat ve alt kat ile ilişkili olduğundan sabittir. Teknik katta yer alan Tablo.4'deki mahaller, istasyon mimarisi ve yerleşim sınırının büyüklüğüne göre diğer istasyonlarda farklılık gösterebilir.

Bu çalışmada; görsel programlama yazılımlarından, Autodesk Dynamo' dan faydalanılmıştır. Görsel Programlama aracında kısıtlayıcılar alt başlıklara göre oluşturulmuştur. Şekil.9' de teknik kata ait dış

sınırlar bilgisayar ortamında en ve uzunluk girilerek oluşturulmuştur. Bilgisayar ortamında soyut olarak oluşturulan bu plan düzleminin merkez koordinatları, yazılım aracındaki düzlemin orijin noktası ile örtüşmektedir.



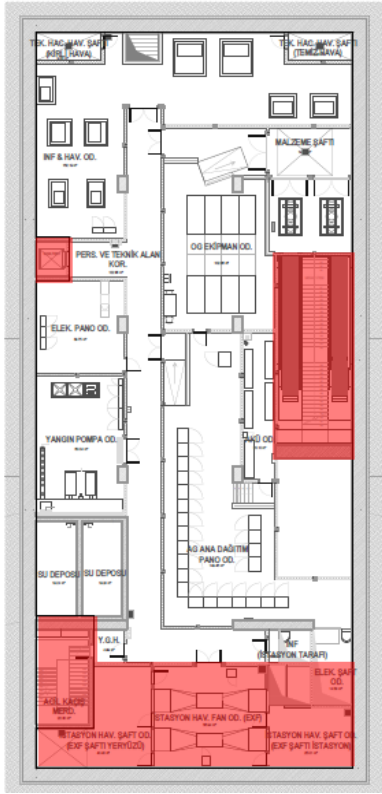
Şekil.9 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Kat Dış Sınırı

3.1 Mekân Konumlarına bağlı kısıtlamalar

Mekân yerleşimde, konuma bağlı bazı kısıtlamalar yer almaktadır. Bazı mahallerin konumu alt kat ve üst tabliye planına göre sabit kalmıştır. Bazı mahaller ise dış duvar sınırları içerisinde konum yönüyle değişkenlik gösterebilir.

| TEKNİK KATTA YER ALAN MAHALLER | | |
|--------------------------------|------|-----------|
| Mahal İsimleri | Adet | Konumları |
| INF Havalandırma odası | 1 | Değişken |
| OG Ekipman odası | 1 | Değişken |
| AG Ekipman odası | 1 | Değişken |
| Akü odası | 1 | Değişken |
| Elektrik Pano odası | 1 | Değişken |
| Yangın Pompa odası | 1 | Değişken |
| Su deposu | 2 | Değişken |
| Teknik alan Koridoru | 1 | Değişken |
| Asansör | 1 | Sabit |
| Merdiven grubu şaftı | 1 | Sabit |
| İstasyon Havalandırma Odası | 1 | Sabit |
| Acil Kaçış merdiveni | 1 | Sabit |

Tablo.4 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Kat mahalleri adet ve konum bilgileri

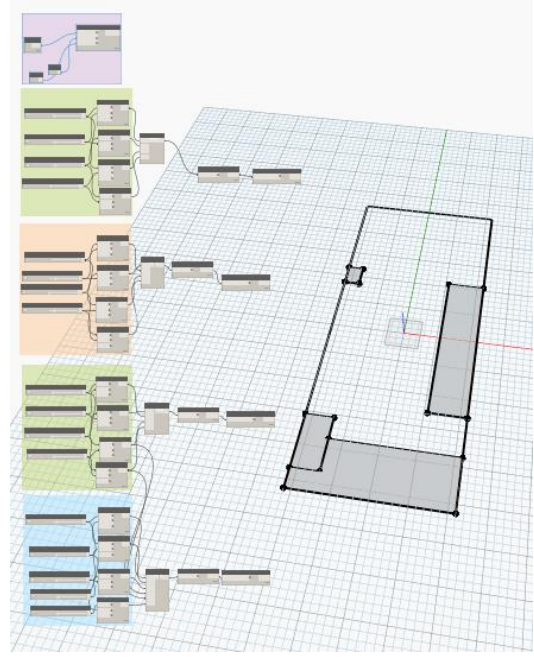


Şekil.10 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Kat planında konuma göre sabit mekanların gösterimi

Yukarıdaki şekilde konumu sabit bırakılan mahallerin kırmızı renk ile ifade edilmiştir. (Şekil.10)

Asansör, bilet holü katı olan alt kattan yolcu yüzeye çıkarmak amacıyla konumlandırılmış olup yeri sabitlenmiştir. Merdiven grubu şaftını yukarı ve aşağı yürüyen merdiven ile sabit merdiven oluşturur. Yine asansör gibi bilet holündeki yolcunun yüzeye ulaştırma görevi vardır. Acil kaçış merdiveni, yangın tahliye senaryosu için tasarlanmış olup, yangın anında perondaki yolcu yüzeye ulaştırmaktadır. İstasyon havalandırma odası ise, kendi içinde perondan gelen ve yüzeye çıkan şaft boşlukları bulundurmaktadır. Perondaki kirli havayı çekerek yüzeye pompalamakla görevlidir. Şekil.11' de kat içinde konumu sabit kalan mahallerden asansör, merdiven grubu şaftı, acil kaçış merdiveni ve istasyon havalandırma odasına ait mahal koordinatları dış sınır referans alınarak bilgisayar ortamında node'lar yardımıyla gösterilmiştir.

Görsel programlama aracı node'lar ile yapılmak istenen yazılım kütüphane kısmından seçilerek birbirine bağlanır. Şekil.11' de yer alan görselde mahallerin köşe koordinatları girilerek noktalar oluşturulduktan sonra bu noktalardan yüzey alanı oluşturulmuştur.



Şekil.11 Görsel Programlama Yazılımında sabit kalan mahallerin gösterimi

3.2 Mekân Boyutlarına bağlı kısıtlamalar

Teknik katta yer alan mahallerin alan boyutları mahal türüne göre değişiklik göstermektedir. Aşağıdaki tabloda asansör, acil kaçış merdiveni ve merdiven grubu şaftı alan boyutları sabit iken diğer mahallerin minimum yüzey alanı verileri gösterilmiştir.

| TEKNİK KATTA YER ALAN MAHALLER | |
|--------------------------------------|--------------------|
| Minimum Alan verisine sahip Mahaller | Yüzey alanı |
| INF Havalandırma odası | 160 m ² |
| OG Ekipman odası | 140 m ² |
| AG Ekipman odası | 100 m ² |
| Akü odası | 25 m ² |
| Elektrik Pano odası | 15 m ² |
| Yangın Pompa odası | 35 m ² |
| Su deposu | 20 m ³ |
| Teknik alan Koridoru | 100 m ² |
| İstasyon Havalandırma Odası | 100 m ² |
| Sabit Alan verisine sahip Mahaller | Yüzey alanı |
| Acil Kaçış merdiveni | 25 m ² |
| Asansör | 5 m ² |
| Merdiven grubu şaftı | 70 m ² |

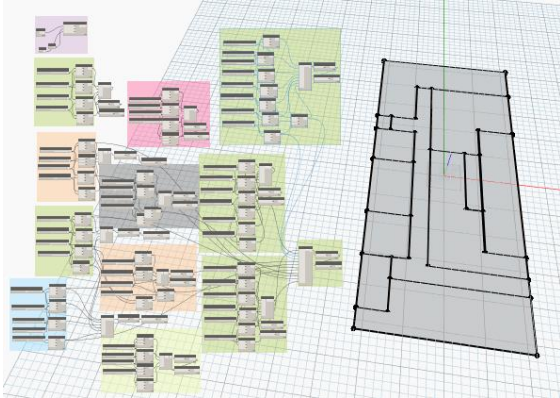
Tablo.5 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Kat mahalleri yüzey alanı verileri

Yukarıda yer alan mahallere ait minimum alan verileri şartnameden alınmıştır. Şartnamede istasyon yapısına göre mahal nitelikleri Tablo.2' de gösterilmiştir.



Şekil.12 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Kat yüzey alan verileri belirli ve konumu değişen mahallerin farklı renklerde plan üzerinde gösterimi

Yukarıdaki şekilde mahaller plan düzleminde farklı renklerle ifade edilerek odaların konumlarının değişken olduğu ifade edilmek istenmiştir.



Şekil.13 Görsel Programlama Yazılımında mekân boyutlarına bağlı mahallerin gösterimi

Plan düzleminde yer alan mekânların görsel programlama aracında oluşturulduğu Şekil.13’ de konumu değişen mekânlar plan gözüktüğü gibi yazılım aracında oluşturulduktan sonra generatif design aracında girilen koordinatlar, çalıştırılarak mekânların konumdan bağımsız olarak değişmesi planlanmaktadır. Burada “Koridor” mahalli diğer mekânlara bağlı olarak değişkenlik göstermesi beklendiği için koridora bağlı her bir nokta bitimindeki mekânın noktasına bağlanmıştır.

3.3 Yakınlık İlişisine bağlı kısıtlamalar

Aşağıdaki tabloda yer alan mahallerin birbiri ile yakınlık ilişkisi bulunmaktadır. Bu mahaller, işletme talebi doğrultusunda birbiri ile yakın ilişkisi bulunan mahallerdir.

| YAKINLIK İLİŞKİSİ BULUNAN MAHALLER | | |
|------------------------------------|--------------------|-----------|
| Su Deposu | Yangın Pompa Odası | |
| AG Ekipman Odası | OG Ekipman Odası | Akü Odası |

Tablo.6 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Katta yakınlık ilişkisi bulunan mahaller

Görsel programlama aracında mahaller arası yakınlık ilişkisi kurarken, iki mahallin iki noktası birbirine bağlanarak kısıtlayıcısı oluşturulur. Bu şekilde generatif tasarım aracında optimizasyon sağlanırken bir mahallin genişlik veya uzunluğunun değişmesi diğer mahalli de etkileyerek mahaller arası yakınlık ilişkisi kurulacaktır.



Şekil.14 Hoca Ahmet Yesevi İstasyonu Teknik Katta yakınlık ilişkisi bulunan mahallerin aynı renk tonları ile plan üzerinde gösterimi

Bu makalede, görsel programlama aracında mekânlar arasındaki ilişkiler oluşturulmuştur. Oluşturulan ilişkilerden kısıtlayıcılar tanımlanmış ve görsel programla aracı olan Autodesk Dynamo’ dan yararlanılmıştır. Kullanılan bu kısıtlayıcılar, plan çözümü problemini oluşturan probleme ait tespit noktalarını oluşturmaktadır. Bilgisayar

ortamında mekân dizimi oluştururken detaylar göz önünde bulundurmamıştır. Bu detaylardan bazıları iç duvar kalınlıkları, son bitiş katman payları, perde duvarlar ve kapı genişlikleri olarak sayılabilir.

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, yeraltı metro istasyonları özelinde seçilen bir kata ait mekanların birbirleriyle ilişkileri ve mekanlara ait özelliklere dayanarak mekân dizimi için bilgisayar ortamında kullanılacak temel algoritma yaklaşımını açıklamaktır. Mekanlara ait özelliklerin, metro istasyonlara özgü olduğu ve metro istasyonunu oluşturan mekanların diğer yapı türlerinden farklı olduğu açıklanmaktadır. Yeraltı metro istasyonlarının geçici yapı türlerinden farklı olarak yerin altında inşa edilmesi ve bu yapılarının kalıcılığının sağlanması için proje aşaması ve yapım sürecinde buna yönelik önlemlerin alınmasıyla birlikte farklı yöntemlerin uygulanabilir olma bilinçliliği gereklidir. Uzun süre kalıcı olması planlanan bu yapı türünde, plan çözümlerinin de kullanım bakımından fonksiyonelliğinin düşünülmüş olması ve plan optimizasyonda uygun görülen alternatifin uygulanması yapının kullanılabilirliğini arttıracaktır.

Tasarımcının, plan optimizasyonu için sayısal tabanlı tasarım süreçlerinden faydalanabileceği belirtilmektedir. Sayısal tabanlı tasarım süreçlerinde, bilgisayar ortamında plan düzleminde yer alan mekanların diziminde eğer kısıtlamalar yoksa çok sayıda çözüme ulaşabilir. Fakat mekanlara ait kısıtlayıcı özellikler varsa, bu çözümler azalarak tasarımcının uygun bulacağı çözüme ulaşmasında daha kısa sonuçlar ortaya çıkabilir.

Hoca Ahmet Yesevi istasyonu için çeşitli kısıtlayıcı özellikler bulunmaktadır. Bunlar; mekanların konumu, boyutları ve birbirleri ile yakınlık ilişkisi kurulanlar olmak üzere üç adettir. Bu kısıtlayıcılar mekânın niteliklerine değiştirilebilir veya arttırılabilir. Örneği, yeraltı yapısı yerine üst yapı olarak değerlendirilirse mekanların güneş alması için pencere konumlarına bağlı bir kısıtlayıcı oluşturabilir.

Plan optimizasyonu için ise görsel programlama aracı içerisinde nesne tabanlı programlardan yararlanılarak ileri algoritmalar yardımıyla mekanlar çalıştırılabilir veya generatif tasarım yazılımlarından biri olan Project Fractal' dan faydalanılarak mekân optimize edilebilir. Tasarım düzenini optimize etmek amacıyla oluşturulan bu yöntemin tasarımcının farklı tasarım seçeneklerini fark etmesinde faydalı olduğu düşünülmektedir.

İleriye yönelik yapılacak çalışmalarda insanların daha kolay kullanabileceği ara yüz ve özelliklere sahip mekân çözümüne yardımcı basit yazılımlar geliştirilebilir. Hatta bu yazılımlar, sadece metro yapısı değil, bina değil basit bir konut yapısına ait bir oda içerisinde yer alan tefriş elemanlarının farklı kombinasyonlarını oluşturarak kullanıcıya alternatif çözümler sunabilir.

Yapılan bu çalışmada net sonuçlara ulaşmak zor görünse de yapının niteliği düşünüldüğünde en uygun çözümünün üretilebilir olması, yapının kalıcılığının sağlanmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Sanal ortamda gerçekleştirilen bu çalışma, tasarım problemlerinin kısıtlayıcılarla keşfedilmesini sağlamaktadır. Tıpkı bir yapboz düzenindeki ilişkilerinin sağlanıp farklı alternatiflerinin keşfedilmesine yardımcı olur.

5.KAYNAKLAR

Akipek, F. Ö, İnceoğlu N. (2007). Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim Teknolojilerinin Mimarlıktaki Kullanımları, YTÜ Arch. Fac. E-Journal Cilt 2, Sayı 4, 2007 Volume 2, Issue 4, 2007)

Cross, N. (1999), "Design Research: A Disciplined Conversation", Design Issues, Vol. 15, No. 2, 5-10,1999

Çolakoğlu, B., Yazar, T. (2007). Mimarlık eğitiminde algoritma: Stüdyo uygulamaları. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 22(3), 379–385

Erman, O. (2017). Mekansal Komşuluk Kavramı Üzerinden Mimari Mekânın Analizi Abstract, 32(March), 165–176.

Goldschmidt, G., (1994), "On Visual DesignThinking: the viz kids of architecture", Journal Offprint Paper: Design Studies, Vol:15

Kaufmann & Wagner, (2001), "Drawing Graphs Methods and Models," Lecture Notes in Computer Science, Lect.Notes Computer. Tutorial, Springer

Knecht, K., Koenig, R. (2010). Generating floor plan layouts with k-d trees and evolutionary algorithms. 13th Generative Art Conference GA2010, 238–253.

Kolarevic, B., (2003). Architecture in the Digital Age, Design and Manufacturing, Spoon Press.

Michalek, J. J., Choudhary, R., Papalambros, P. Y. (2002). Architectural layout design optimization. *Engineering Optimization*, 34(5), 461–484.

Parish Y., Muller P., (2001). Procedural modeling of cities, SIGGRAPH'01 Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, ACM New York, NY, USA

Şahin K., Turan B. O. (2017). “Mimar Adaylarının Parametrik Tasarım Yaklaşım Tercihlerinin Proje Değerlendirmesine Etkisi”, *ACTA Infologica*, Cilt:1, Sayı:1,Haziran

Villaggi, L., Nagy, D. (2017). AS124721 Generative Design for Architectural Space Planning: The Case of the Autodesk University 2017, Autodesk University, <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Generative-Design-Architectural-Space-Planning-Case-Autodesk-University-2017-Layout-2017> (Erişim Tarihi 22.3.2021)