





A model for determining the space efficiency in non-orthogonal high rise office buildings

Fazilet Tuğrul Okbaz^{1*} , Ayşin Sev² 

¹Department of Architecture, Faculty of Architecture, Gebze Technical University, 41400, Gebze, Kocaeli, Türkiye

²Department of Architecture, Faculty of Architecture, Mimar Sinan Fine Arts University, 34427, Fındıklı, İstanbul, Türkiye

Highlights:

- Determination of criteria affecting space efficiency in high office buildings
- Finding the importance of the criteria
- Calculation of space efficiency with the model

Keywords:

- High-rise buildings
- Space efficiency
- Non-orthogonal forms
- Analytical Hierarchy Process method (AHP)
- Simple additive weighting method (SAW)

Article Info:

Research Article

Received: 26.11.2020

Accepted: 26.01.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.831937

Correspondence:

Author: Fazilet Tuğrul

Okbaz

e-mail: ftugrul@gtu.edu.tr

phone: +90 262 605 1623

Graphical/Tabular Abstract

Figure A shows the formation stages of the model. The model study of determining the space efficiency level that aims to find the total score for the selected alternative by evaluating the effect of many criteria on space efficiency consists of four stages. The first stage is establishing the criteria with a literature survey; the second stage is examining these criteria in non-orthogonal high-rise building cases with the case study method to create sub-criteria and sub-criteria weight percentages. The third stage is determining the importance coefficient of the criteria with the analytical hierarchy process method. The last stage is creating the space efficiency value of the alternative selected by the simple sum weighted method.

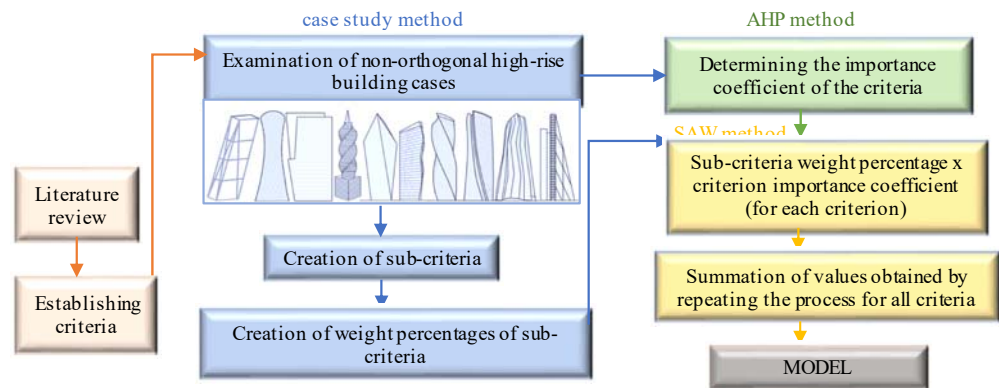


Figure A. The formation stages of the model

Purpose:

Creating a model for determining the space efficiency in non-orthogonal high-rise office buildings for building owners, real estate experts, and designers with these data.

Theory and Methods:

11 non-orthogonal high-rise office building floor plans were transferred to the digital drawing software. Thus, core area, usable floor area, leasing depth, the structural system elements/gross floor area, etc., were calculated. Then the weight percent for each sub-criterion was established. A survey was conducted to determine the relative importance of the criteria. The survey data were analyzed with the analytical hierarchy process (AHP) technique. The model was formed by synthesizing the weight percentages of the sub-criteria and the importance coefficient data of the criteria using the simple additive weighted (SAW) method.

Results:



It is found that the non-orthogonal form with the highest space efficiency is pyramidal, and the lowest is the free form. However, while the building form is found to be that most affected the efficiency, it is seen that the criteria of distance from floor-to-floor height and floor-to-ceiling height is the criterion that affects the efficiency the least.

Conclusion:

According to the above results, the efficiency of the buildings can be determined at the preliminary project stage with the developed model study. The model allows investors, architects, and real estate appraisers to make predictions about the building at the preliminary design stage. In addition, it offers practical calculations about how much the efficiency changes with the change of the sub-criteria.



Sıra dışı biçimli yüksek ofis yapılarında kullanım alanı verimliliğinin belirlenmesine yönelik bir model

Fazilet Tuğrul Okbaz^{1*} , Aysin Sev² 

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 41400, Gebze, Kocaeli, Türkiye

²Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34427, Fındıklı, İstanbul, Türkiye

ÖNE ÇIKAN LAR

- Kullanım alanı verimliliğini en fazla etkileyen kriter yapı biçimidir
- Piramidal biçim kullanım alanı verimliliği en yüksek, serbest biçim kullanım alanı verimliliği en düşük mimari biçimdir
- Model ile sıra dışı biçimli yüksek yapıların kullanım alanı verimlilik düzeyi belirlenebilmektedir

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 26.11.2020

Kabul: 26.01.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.831937

Anahtar Kelimeler:

Analitik hiyerarşi süreci yöntemi,
basit toplamli
ağırlıklandırma yöntemi,
kullanım alanı verimliliği,
sıra dışı biçimler,
yüksek yapılar

ÖZ

Bu çalışmada sıra dışı biçimli yüksek yapılar için kullanım alanı verimlilik değerini veren bir model oluşturulması amaçlanmıştır. Sıra dışı biçimli yüksek yapılarda kullanım alanı verimliliğini etkileyen on beş kriter belirlenmiş ve sıra dışı biçimli on bir adet yüksek yapı üzerinde incelenmiştir. Kriterlerinin örnekler üzerinde incelenmesiyle altmış tane alt kriter ve her alt kriter için ağırlık yüzdeleri oluşturulmuştur. Kriterlerin görelî önem derecelerinin belirlenebilmesi için yüksek yapılar konusunda uzmanlaşmış 30 kişiden kriterlere puan vermeleri istenmiş, veriler Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle analiz edilmiştir. Basit toplamli ağırlıklandırma yöntemiyle (BTA) her kriter için önem katsayısı ve alt kriterinin ağırlık yüzdeleri çarpılarak kullanım alanı verimliliğini veren toplam puan hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek alan verimliliğine sahip sıra dışı biçimin piramidal, en düşük biçimin serbest biçim olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte yapı biçimi verimliliği en çok etkileyen kriter olarak bulunurken zeminden zemine yükseklik ile zeminden tavana yükseklik farkı kriterinin verimliliği en az etkileyen kriter olduğu görülmüştür. Geliştirilen model çalışması ile sıra dışı biçimli yüksek ofis yapılarının kullanım alanı verimlilikleri belirlenebilmektedir. Model ile yatırımcıların, mimarların ve gayrimenkul değerleme uzmanlarının ön tasarım aşamasında yapı hakkında tahminde bulunmalarına olanak sağlanırken, alt kriterlerin değişimi ile verimliliğin ne ölçüde değişeceğine dair pratik hesaplama imkanı sunulmaktadır.

A model for determining the space efficiency in non-orthogonal high rise office buildings

HIGHLIGHTS

- The criteria that most affect the space efficiency is building form
- The most efficient form is pyramidal, the lowest efficient form is free form
- The space efficiency of non-orthogonal high-rise buildings can be determined with the model

Article Info

Research Article

Received: 26.11.2020

Accepted: 26.01.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.831937

Keywords:

Analytical hierarchy process method,
simple additive weighting method, space efficiency,
non-orthogonal forms,
high-rise buildings

ABSTRACT

The study aims to create a model that gives the space efficiency value for non-orthogonal high-rise buildings. Fifteen criteria affecting the space efficiency were determined and examined on eleven non-orthogonal high-rise buildings. By examining the criteria on the cases, sixty sub-criteria and weight percentages of the sub-criteria were created. To determine the relative importance of the criteria, 30 people specializing in high-rise buildings were asked to rate the criteria, and the data were analyzed by the analytical hierarchy process. The total score was calculated by multiplying the importance coefficient for each criterion and the weight percentages of the sub-criteria using simple additive weighting. It was found that the non-orthogonal form with the highest space efficiency was pyramidal, and the lowest was the free form. However, while the building form was found to be that most affected the efficiency, it was seen that the criteria of distance from floor-to-floor height and floor-to-ceiling height was the criterion that affected the efficiency the least. The model allows investors, architects, and real estate appraisers to make predictions about the building at the preliminary design stage. In addition, it offers practical calculations about how much the efficiency will change with the change of the sub-criteria.

1. Giriş (Introduction)

Sıra dışı biçimli yüksek yapılar sembolik nitelik taşıyan ve tek defaya özgü ikonik tasarımlar yaratma arayışlarının bir sonucu olarak 2000'li yıllar sonrasında geliştirilen yapılardır [1]. TDK Türkçe sözlükte sıra dışı kelimesi '*alışılmıştan dışında olan, olağan dışı, gayritabii, ekstrem*' şeklinde tanımlanmaktadır [2]. Bu bağlamda sıra dışı biçimli yüksek yapılar alışılmış prizmatik biçimlerin dışında kalan, piramidal, eğik, burğu ve serbest biçimlerle inşa edilen yüksek yapılar şeklinde tanımlanabilmektedir.

Sıra dışı biçimli yüksek yapılar ülkeler için güç ve prestij sembolü haline gelmiştir. Bu yapı tipolojisinin ekonomik refahı ifade eden ve yabancı yatırımcıların dikkatini çeken sembolik bir değere sahip olduğu açıktır [1]. Geçmişten günümüze ağırlıklı olarak ofis olarak kullanılan sıra dışı biçimli yüksek yapıların yapım ve kullanım maliyetleri düşünüldüğünde yapının kullanım alanı verimliliğinin sağlanmasının ekonomik sürdürülebilirlik için önemli bir kriter olduğu ortaya çıkmaktadır. Özellikle kentlerin gayrimenkul değerlerinin yüksek olduğu metropol bölgelerinde kullanım alanı verimliliğinin sağlanması, inşaat ve işletme maliyetlerini düşürmeye ve yapının karlılığını arttırmaya katkıda bulunmaktadır [3].

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde Sev ve Özgen [4], dünyada ve Türkiye'de yapılan on adet yüksek ofis yapısını kullanım alanı verimliliğini etkileyen faktörler açısından inceleyerek aralarındaki benzerlik ve farklılıkları ortaya koymuştur. Kim ve Elnimeiri [5], karma işlevli yüksek yapıların tasarımındaki önemli parametreleri ve bu parametrelerin kullanım alanı verimliliği ile ilişkisini on karma işlevli yüksek yapı örneği irdeleyerek ele almıştır. Iğın [6, 7] çalışmalarında süper yüksek ofis ve süper yüksek konut yapılarında kullanım alanı verimliliğini ele almıştır. Arslan Kılınc [8], kutu biçimli yüksek yapılarda çekirdek ve taşıyıcı sistem üzerinde etkili değişkenleri ve bu değişkenler arasındaki ilişkileri korelasyon ve regresyon analizi ile belirlemiştir. Bir başka çalışmada Saari vd. [9] ofis yapılarında kullanım alanı verimliliğinin artırılmasıyla yapının toplam maliyetinde meydana gelen değişiklikleri incelemiştir. Literatür incelemesinde kullanım alanı verimliliğinin farklı işlevli ve/veya kutu biçimli yapılar üzerinde araştırıldığı görülmüş ancak sıra dışı biçimli yüksek ofis yapılarında kullanım alanı verimliliğine ilişkin bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Sıra dışı biçimli yüksek yapılarda kullanım alanı verimliliği konusundaki bu çalışma ile sıra dışı biçimli yüksek ofis yapılarında kullanım alanı verimliliğini etkileyen kriterlerin belirlenmesi, bu kriterlerin kullanım alanı verimliliğini etkileme oranlarına göre önem derecelerinin tespit edilmesi ve böylelikle tasarlanan her sıra dışı biçimli yüksek yapı için bir verimlilik puanı hesaplanması amaçlanmaktadır. Bununla birlikte yapı sahipleri, gayrimenkul değerlendirme uzmanları ve tasarımcıların farklı istekleri doğrultusunda verimliliğin ne ölçüde değişeceğinin görülebileceği, ön tasarım aşamasında yapılan tasarımları değerlendirmelerinin sağlanabileceği bir model oluşturulması hedeflenmektedir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Bu çalışmada kat planları birbirini takip eden kutu biçimli yapılar kapsamı dışı bırakılmış olup; burğu, eğik, piramidal ve geometrik olarak ifade edilemeyen serbest biçimli sıra dışı biçimli yüksek yapılar değerlendirilmektedir.

Yüksek yapılarda yapının işlevi çekirdek büyüklüğünde önemli bir etkidir. Farklı işlevli yüksek yapılar birbirinden farklı büyüklükte çekirdeğe ihtiyaç duymaktadır [5]. 1885-2020 yılları arasında yapımı tamamlanmış 150 m ve üzeri yüksekliğe sahip 4991 yüksek yapının

ağırlıklı olarak (% 41) ofis yapısı olarak tasarlandıkları görülmektedir [10]. Bu nedenle çalışmada karma işlevli yüksek yapılar kapsamı dışında bırakılmış olup yalnızca ofis işlevli yapılar değerlendirilmiştir. Yüksek yapılarda yapı yüksekliği geniş bir yelpazede incelenebilmektedir. Günümüzde 100 m yükseklikteki yapı yüksek yapı sayıldığı gibi 828 m yükseklikteki yapı da yüksek yapı olarak tanımlanmaktadır. Yüksek Binalar ve Kentsel Yerleşimler Konseyi (CTBUH) 50 m ve üzerini yüksek yapı olarak kabul etmiştir. Bunun yanı sıra konsey tarafından yüksek yapılar yükseklik aralıklarına göre sınıflandırılmış; 50 m- 300 m yükseklik aralığındaki yapılar yüksek yapı, 300 m- 600 m aralığındaki yapılar süper yüksek yapı, 600 m ve üzerindeki yapılar mega yüksek yapı olarak tanımlanmıştır [11]. Şüphesiz ki farklı yükseklikteki yapılarda kullanılan taşıyıcı sistem, düşey sirkülasyon sistemleri, yapım teknolojileri de birbirinden farklı olacak, bu farklılık kullanım alanı verimliliğini etkileyecektir. Bu nedenle çalışma kapsamında süper yüksek ve mega yüksek yapılar kapsamı dışı bırakılmıştır. Çalışmada yapımı tamamlanmış ofis işlevli on bir sıra dışı biçimli yüksek yapı (Gate of Europe, Tornado Kulesi, Landmark East 2 Kulesi, F&F Kulesi, Soyak Kristal Kule, Majunga Kule, Leaden Hal, Evolution Kulesi, Generali Kule, Mistral Ofis Kulesi ve Nida Kule Levent) örneklem olarak seçilmiştir (Tablo 1).

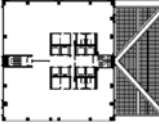


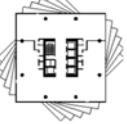
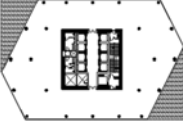




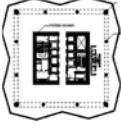
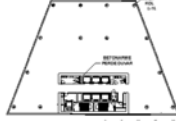
Çok sayıda kriterin kullanım alanı verimliliğine etkisinin değerlendirilip seçilen alternatif için toplam puan bulmayı hedefleyen kullanım alanı verimlilik düzeyinin tespiti model çalışması dört aşamadan oluşmaktadır. Bunlar:

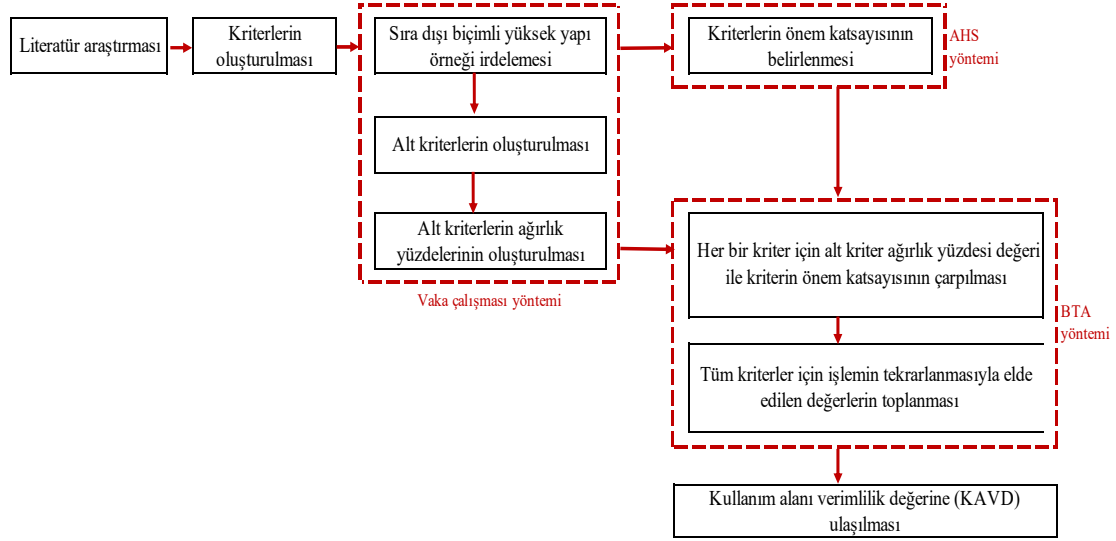
- Literatür araştırması ile kriterlerin belirlenmesi,
- Vaka çalışması yöntemiyle bu kriterlerin sıra dışı biçimli yüksek yapı örneklerinde irdelenerek alt kriterlerin ve alt kriter ağırlık yüzdelerinin oluşturulması,
- Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile kriterlerin önem katsayısının belirlenmesi,
- Basit Toplam Ağırlıklandırma (BTA) yöntemi ile seçilen alternatifin kullanım alanı verimlilik değerinin oluşturulmasıdır (Şekil 1).

İncelenen sıra dışı biçimli yüksek ofis yapılarının kat planları dijital ortama aktararak plan ve çekirdek boyutları, kullanım alanı derinliği, çekirdek alanı, kullanılabilir alan, brüt kat alanındaki düşey taşıyıcı sistem elemanları yoğunluğu, asansör alanı/brüt kat alanı, asansör alanı/çekirdek alanı ve kullanılabilir alan/brüt kat alanı oranları hesaplanması için vaka çalışması yöntemi kullanılmıştır. Vaka çalışması yöntemi özellikle tasarım alanında son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [12]. Örnek irdelemesinden elde edilen verilerin istatistiksel analizleri yapılarak alt kriterler oluşturulmuştur. Alt kriterlerin belirlenmesi aşamasından sonra alt kriterlere ağırlık verilmesi işlemi yapılmıştır. Her bir alt kriter için o aralıktaki ya da özellikteki yüksek yapı örneklerinin kullanılabilir alan/ brüt kat alanı değerlerinin aritmetik ortalaması alınmıştır. Aritmetik ortalamanın alınmasıyla elde edilen değer o alt kriterin ağırlık yüzdesi değeridir. Ağırlık yüzdesi değeri sıfırdan büyük, birden küçük ya da bire eşit olmalıdır.

Çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesi işlemi için Saaty tarafından geliştirilen bir çok kriterli karar alma yöntemi olan analitik hiyerarşi süreci (AHS) yöntemi kullanılmıştır. AHS yöntemi karar vericinin muhakemesine dayanarak, belirli bir dizi seçenek için nispi öncelikleri bir oran ölçeğinde ölçmeyi amaçlamakta ve karar vericinin sezgisel kararlarının önemini ve karar verme sürecinde seçeneklerin karşılaştırılmasının tutarlılığını vurgulamaktadır [13]. AHS, matematiksel işlemler ve anlaşılabilirlik açısından kullanıcılara önemli kolaylıklar sağladığından çok kriterli karar verme problemleri arasında en sık tercih edilen yöntem olarak bilinmektedir [14].

Tablo 1. Çalışma kapsamında incelenen sıra dışı biçimli yüksek ofis yapıları örnekleri
(Non-orthogonal high-rise office buildings that were examined)

	Gate of Europe Kulesi	Tornado Kulesi	Landmark East 2 Kulesi	F&F Kulesi
Plan				
Yapım yılı	1996	2008	2008	2011
Yükseklik	114 m	195 m	187 m	232 m
Kat sayısı	26	52	43	53
	Soyak Kristal Kule	Majunga Kule	The Leaden Hall	Evolution Kulesi
Plan				
Yapım yılı	2014	2014	2014	2015
Yükseklik	169 m	194 m	224 m	246 m
Kat sayısı	35	45	50	55
	Generali Kule	Mistral Ofis Kulesi	Nida Kule Levent	
Plan				
Yapım yılı	2017	2017	2017	
Yükseklik	170 m	216 m	140 m	
Kat sayısı	43	48	27	

**Şekil 1.** Modelin oluşum aşamaları (The formation stages of the model)

Özellikle son yirmi yılda inşaat da dahil olmak üzere pek çok farklı disiplinde AHS yöntemi kullanılmaktadır [15]. Mimarlık ve inşaat alanlarında AHS ile ilgili çalışmalara bakıldığında Erdoğan vd. [16] AHS yöntemi ile inşaat yönetiminde karar verme modeli oluşturmuş ve gerçek vaka çalışmasında modeli uygulamışlardır. Alwaer ve Clements-Croome [17] sürdürülebilir akıllı binaları değerlendirmek için temel performans göstergelerini (KPI) araştırmak ve önceliklendirmek için AHS yöntemini kullanmıştır. Liu vd. [18] Çin'de bulunan binaların sürdürülebilirlik performanslarının değerlendirilmesinde kullanılacak AHS temelli bir model oluşturmuştur. Akadiri vd. [19] sürdürülebilir yapı malzemelerinin seçiminde bina tasarımcılarına rehberlik etmeyi amaçlayan bir model tasarlamış, model için belirlenen kriterlere öncelik vermek ve önem

derecelerini belirlemek için AHS yöntemini uygulamışlardır. Hopfe vd. [20] yaptıkları çalışmada tasarım kararını rasyonelleştirebilmek için AHS tabanlı bir model geliştirmişlerdir. Mansor ve Sheau-Ting [21] AHS yöntemini kullanarak Malezya'da bulunan ofis binası kullanıcılarının konfor koşullarını değerlendiren ve iyileştirme önerileri sunan bir yaklaşım geliştirmiştir. Yılmaz [22] yeşil bina performans kriterlerini AHS yöntemi ile önceliklendirerek yeşil binaların tasarım süreçlerinde kullanılmak üzere bütünlük bir tasarım süreç modeli geliştirmiştir. AHS, problemlerin çözümünde tek başına kullanılabildiği gibi farklı yöntemlerle bir arada da kullanılabilir. Medineckienė ve Björk [23] apartmanların enerji verimliliğini inceledikleri çalışmalarında ağırlık atamasında kullanılan AHS yönteminin etkisini farklı yöntemlerde denemiş,

birkaç farklı yöntemin bir arada kullanılmasının uygulamanın yararlılığını arttırdığını savunmuşlardır. Sedghian vd. [24] İran'daki beş iklim bölgesinde kullanılan yenilebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine yönelik yaptığı çalışmada AHS yöntemini basit toplamlı ağırlıklandırma (BTA) yöntemi ile kullanmışlardır. AHS'nin başka yöntemlerle bir arada kullanılması durumunda genellikle kriter ağırlıklarının elde edilmesi işlemi için kullanılmaktadır [14]. Literatürdeki örneklerle bakıldığında AHS yönteminin mimarlık ve inşaat alanında ağırlıklı olarak sistem, ürün ve malzeme karar verme ve yapı değerlendirme konularında kullanıldığı görülmektedir. Yapı değerlendirme çalışmalarında AHS seçilen konu ile ilgili kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada da AHS yöntemi, sıra dışı biçimli yüksek yapılarda kullanım alanı verimliliğini etkileyen kriterlerin birbirlerine göre önem dereceleri tespit etmek amacıyla kullanılmıştır.

Çalışmada kriterlerin ağırlıklarının belirlenebilmesi amacıyla yüksek yapılar konusunda uzmanlaşmış kişilerle anket çalışması yapılmıştır. Hogg ve Tanis [25], ankete katılanların sayısının 25'ten fazla olması durumunda verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinin anlamlı olacağını belirtmişlerdir. Bu bağlamda çalışmada yüksek yapılar konusunda akademik çalışma yapmış ve/veya yüksek yapıların uygulama ve/veya tasarım aşamalarında çalışmış 30 uzmandan görüş alınmıştır. Görüşleri alınan uzmanlardan 5'i yüksek yapılarla ilgili akademik çalışmalar yapmış aynı zamanda tasarım ve uygulama aşamalarında çalışmıştır. Uzmanların 6'sı hem tasarım hem uygulama, 5'i tasarım, 4'ü inşaat aşamalarında görev almış; 10'u yüksek yapılarla ilgili akademik çalışma yapmıştır. AHS yöntemi için kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılmaktadır. Satty [26] yapmış olduğu çalışmada ikili karşılaştırma için 25 farklı ölçek geliştirmiş; 9'lu likert ölçeğinin ikili karşılaştırma için en uygun ölçek olduğunu tespit etmiştir. Buradan hareketle yüksek yapılar konusunda çalışmış uzmanlardan değerlendirilmesi istenen kriterin diğer kriterlere göre önem derecesini 1 ile 9 arasındaki sayılarla (1-3-5-7-9) puanlanması talep edilmiştir. Puanların tanım karşılıkları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. 9'lu likert ölçeği tanımları
(The description of the nine-point Likert scale) [27],

Önem Derecesi	Tanım
1	Diğer kriterlerle eşit önemde
3	Diğer kriterlerden biraz daha önemli
5	Diğer kriterlerden oldukça önemli
7	Diğer kriterlerden çok önemli
9	Diğer kriterlerden son derece önemli
2-4-6-8	Ara değerler

Tablo 4. Referans çalışmalarda yer alan kullanım alanı verimliliğini etkileyen kriterler
(Criteria affecting space efficiency in reference studies)

Referans Çalışma	Kullanım Alanı Verimliliğini Etkileyen Kriterler
Sev & Özgen [4]	Kat alanı büyüklüğü ve şekli, brüt kat alanı, net kat alanı, kullanım alanı derinliği, zeminden zemine yükseklik, zeminden tavana yükseklik, taşıyıcı sistem türü, taşıyıcı sistem malzemesi, kat adedi, bina yüksekliği, çekirdeğin yeri-sayısı ve kat planı ile ilişkisi
Wiggins [29]	Kullanım alanı derinliği, zeminden zemine yükseklik, zeminden tavana yükseklik, kolonların planda kapladığı alan, çekirdeğin yeri-sayısı ve kat planı ile ilişkisi, kat planı boyutları
Marfella [30]	Kullanım alanı derinliği, brüt kat alanı, net kat alanı, çekirdeğin yerleşimi
Alexi Marmut [31]	Brüt kat alanı, net kat alanı, kullanım tipolojisi, modüler koordinasyon, zeminden en üste kat alan değişimi
Trabucco [32]	Brüt kat alanı, net kat alanı, kat adedi, asansör sayısı
BOMA [33]	Brüt kat alanı, kullanılabilir kat alanı
Ho [34]	Kat alanı büyüklüğü, kullanım alanı derinliği, zeminden zemine yükseklik, zeminden tavana yükseklik, brüt kat alanı, net kat alanı, plan geometrisi, çekirdeğin yeri-sayısı, yapı biçimi, taşıyıcı sistem türü
Arslan Kılınç [8]	Plan kenar boyutları, çekirdek kenar boyutları, kat adedi ve yapı yüksekliği

Çalışmanın son aşamasında alternatiflerin puanlanması yoluyla önceliklendirilmesi işlemi için basit toplamlı ağırlıklandırma yöntemi (BTA) kullanılmıştır. BTA yöntemi Churchman ve Ackoff tarafından geliştirilmiş, her bir kriterin kendi ağırlığıyla çarpılıp toplam sonuca eklenmesiyle her seçenek için bir puan belirlemeyi amaçlayan yöntemdir [28]. Çalışma kapsamında her kriter için önem katsayısı (w_i) ve alt kriterinin ağırlık yüzdeleri (r_i) çarpılarak seçeneğin kullanım alanı verimlilik düzeyini veren toplam bir puan (V_i) Eş. 1'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$V_i = \sum_{i=1}^n (W_i \times r_i) \quad (1)$$

En büyük puana sahip alternatif, kullanım alanı verimliliği açısından en iyi alternatif olarak kabul edilmektedir. Modelde benimsenen yaklaşım Tablo 3'te belirtilmiştir. Geliştirilen modelin çalışır durumda olup olmadığı piramidal, eğik, burgu ve serbest biçimli birer yapı örneğinde sınanmıştır.

Tablo 3. Model kapsamında uygulanan BTA yöntemi
(SAW method applied in the model)

Kriter	Önem Katsayısı	Ağırlık yüzdesi	Alternatif 1	Alternatif 2	...
K_1	W_1	r_1	$S_{11} (W_1 \times r_1)$	S_{21}	...
K_2	W_2	r_2	$S_{12} (W_2 \times r_2)$	S_{22}	...
K_3	W_3	r_3	$S_{13} (W_3 \times r_3)$	S_{23}	...
K_n	W_n	r_n	$S_{1n} (W_n \times r_n)$	S_{2n}	...

3. Yüksek Ofis Yapılarında Kullanım Alanı Verimliliğini Etkileyen Kriterler (Criteria Affecting Space Efficiency in High Rise Office Buildings)

Sıra dışı biçimli yüksek ofis yapılarında kullanım alanı verimliliğini etkileyen kriterler literatürde yer alan çalışmalardan, farklı ülkelere ait yönetmeliklerden ve tasarım rehberlerinden yararlanılarak düzenlenmiştir. Modelde kullanılan referans çalışmalar aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Tablo 4).

Literatür araştırmasından elde edilen kriterler mimari tasarım kriterleri ve strüktürel kriterler olmak üzere iki ana başlık altında incelenmiştir. Mimari kriterler başlığında yapı biçimi, brüt kat alanı, çekirdek alanı, zeminden en üste kat alanı değişimi, asansör sayısı, asansör alanının brüt iç kat alanına oranı, asansör alanının çekirdek alanına oranı, kullanım alanı derinliği; strüktürel kriterler başlığında taşıyıcı sistem türü, taşıyıcı sistem malzemesi, narinlik oranı, taşıyıcı sistem elemanlarının brüt iç kat alanına oranı, yapı yüksekliği, kat adedi, zeminden zemine yükseklik ile zeminden tavana yükseklik

farklı kriterleri yer almaktadır. Bu kriterler aşağıda kısaca açıklanmıştır:

Yapı Biçimi (Building Form): Sıra dışı ve tek defaya özgü ikonik tasarımlar yaratma arayışlarının bir sonucu olan yeni nesil yüksek yapılar piramidal, eğik, burgu (dönel) ve serbest biçim başlıkları altında ele alınmıştır. *Piramidal biçimli yüksek yapılar* zeminde en az üç kenarlı bir plan ile başlayıp, yükseldikçe bu kat planının daralarak devam ettiği ve en üstte kesildiği, ya da bir nokta olarak sona erdiği örneklerdir. Al Faisaliah Center Binası (Riyad, 2000) piramidal biçimli yüksek yapılar örnek verilebilir. *Eğik biçimli yüksek yapılar* taşıyıcı sistemlerin bir bileşeni olan çekirdeğin, yapı yüksekliği boyunca sabit kalması, kat planlarının bu çekirdeğin etrafında kayarak yapı kütlelerinde eğik bir biçim oluşturması ile üretilmektedir. Veer Kuleleri (Las Vegas, 2010) eğik biçimli yüksek yapı örneğidir. *Burgu biçimli yapılar* kat planlarının her katta belirli bir açıyla döndürülmesiyle oluşturulan yapılar. F&F Kulesi (Panama City, 2011) burgu biçimli yüksek yapılar örnek olarak verilebilir. Piramidal, eğik, burgu biçimler dışında kalan, geometrik olarak ifade edilemeyen yüksek yapılar *serbest biçimli yüksek yapılar* olarak tanımlanmaktadır. Shangai Finans Merkezi (Shangai, 2008) serbest biçimli yapılar örnek olarak verilebilir.

Brüt Kat Alanı (Gross Floor Area): Yapının dış duvarlarının iç yüzeylerinden ölçülen alanı kapsamaktadır.

Çekirdek Alanı (Core Area):Yapılarda, ısıtma, soğutma, havalandırma gibi mekanik sistemlerle, merdiven, asansör gibi dikey ulaşım elemanlarını ve ıslak hacimleri içeren alan çekirdek alanı olarak tanımlanmaktadır.

Zeminden En Üste Kat Alanı Değişimi (Floor Area Change from Ground to Top): Sıra dışı biçimli yüksek yapılar ağırlıklı olarak kat planları her katta değişim gösteren yapılar. Yapının zemin katından bitiş noktasına alan değişimi yapının biçimiyle ilişkili bir kriterdir.

Asansör Sayısı (Number of Elevators): Yapıda dikey ulaşımı sağlayan araçlardır. Yapıda asansör sayısı kullanıcı sayısı, işlevle ve plan genişliğiyle ilişkilidir.

Asansör Alanı/Brüt Kat Alanı (Elevator Area/ Gross Floor Area):Asansör boşluklarının brüt kat alanının yüzde kaçını kapladığını gösteren orandır.

Asansör Alanı/Çekirdek Alanı (Elevator Area/ Core Area): Asansör boşluklarının çekirdek alanının yüzde kaçını kapladığını gösteren orandır.

Kullanım Alanı Derinliği (Leasing Depth): Yapı kabuğu ile çekirdek duvarı arasındaki mesafeyi ifade etmektedir.

Taşıyıcı Sistem Türü (Structural System): Yığma yapı yaklaşımıyla yapılmış ağır kütleli piramitlerin yapıldığı antik dönemden, sıra dışı biçimli ya da yükseklik sınırlarının zorlandığı yapıların yapıldığı günümüze dek yapıların ayakta kalabilmesi, yüksek yapıların taşıyıcı sistem ve malzemelerindeki gelişmeler ve yenilikler sayesinde gerçekleşmiştir. Ali & Moon [35] tarafından yapılan çalışmada yüksek yapılarda taşıyıcı sistemler yeni bir bakış açısına göre sınıflandırılmış, sistemler yanal yüke direnç gösteren sistemlerin dağılımına göre dış strüktürler ve iç strüktürler olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Dış strüktürler, yatay yüke direnen sistemin büyük ölçüde yapının cephesinde yer aldığı sistemlerdir. Çerçeve- tüp sistemler, tüp içinde tüp sistemler, kafes-tüp sistemler, demet tüp sistemler, diagrid sistemler, hegzagrid sistemler, mega çerçeveler bu gruba dahil

edilmektedir. İç strüktürler, yapıya etki eden yatay yüklerin büyük kısmının yapının içindeki sistemler ile karşılandığı strüktürlerdir. Rijit çerçeveler, çaprazlı çerçeveler, perde duvarlı çerçeveler ve yatay kafes kirişli/perde duvarlı strüktürler bu gruba dahil edilmektedir.

Taşıyıcı Sistem Malzemesi (Structural Material): Yüksek yapılarda taşıyıcı sistem malzemesi betonarme, çelik ya da kompozit olabilmektedir. Bununla birlikte bazı yapılarda çekirdek ve kolonlarda farklı malzemeler kullanılabilir.

Narinlik Oranı (Aspect Ratio): Yapı yüksekliğinin yapının zeminde kapladığı alanın kısa kenarına oranıdır.

Brüt Kat Alanındaki Düşey Taşıyıcı Sistem Elemanları Yoğunluğu (Density of Structural Elements): Kolonlar ve çekirdek perde duvarlarının kat alanının yüzde kaçını oluşturduğunu gösteren orandır.

Yapı Yüksekliği (Building Height): Yapının zemin kotundan mimari bitiş noktasına kadarki yüksekliktir. Taşıyıcı sistem seçimi ve boyutlandırılmasında önemli bir kriterdir.

Kat Adedi (Number of floors): Yapının zemin üzerinde kaç kattan oluştuğunu gösteren kriterdir.

Zeminden Zemine Yükseklik ile Zeminden Tavana Yükseklik Farkı (Distance from Floor to Floor Height and Floor to Ceiling Height): Bu yükseklik farkı yapılarda yatay taşıyıcı sistem elemanları ve mekanik sistem elemanlarının kapladığı alanı vermektedir. Bu farkın az olması taşıyıcı sistem elemanların boyutlarını, kaplama yüzeyini, dikey ulaşım sistemlerini azaltacağından kullanım alanı verimliliğini arttıracakları öngörülmektedir.

4. Bulgular (Results)

4.1. Mimari Tasarım Kriterlerine İlişkin Bulgular (Results of Architectural Design Criteria)

İncelenen örneklerin ikisi eğik, dördü burgu, dördü serbest ve bir tanesi piramidal biçimde oluşturulmuştur. Örneklerin brüt iç kat alanları 725 m² ile 2117 m² arasında değişmektedir. Yapıların çekirdek alan büyüklükleri 150 m² ile 550 m² arasında; zeminden çatıya değişimi % 0 ile % 100 arasındadır. Asansör sayıları 5 ile 24 arasında değişen yapıların, asansörlerin brüt kat alanında kapladığı alan % 3,5 ile % 7,8 arasında; asansörlerin çekirdekte kapladığı alan % 12,4 ile 27,7 arasında değişmektedir. Kullanım alanı derinliği 3,2 m ile 47 m aralığındadır (Tablo 5).

4.2. Strüktürel Kriterlere İlişkin Bulgular (Results of Structural Criteria)

İncelenen yapıların %82'sinde çekirdekli çerçeve sistem; %9'unda çekirdekli yatay kafes kiriş sistem, %9'unda çekirdekli diagrid sistem kullanılmıştır. Çekirdekte taşıyıcı sistem malzemesi %91 oranla betonarme; %9 oranla çelik kullanılmıştır. Kolonlarda %55 oranla betonarme, %27 oranla çelik, %18 oranla betonarme ve çelik birlikte kullanılmıştır. Bu örneklerde alt katlarda betonarme kolonlara yer verilirken üst katlarda çelik kolonlar görülmektedir. İncelenen örneklerin narinlik oranı 3,3 ile 6,4 arasında değişmektedir. Taşıyıcı sistem elemanları alanının brüt iç kat alanına oranı %1,5 ile %7,9 arasında değişmektedir. İncelenen örneklerde kat adedi 26 ile 55 arasında, yapı yüksekliği 114 m ile 246 m arasındadır. Zeminden zemine yükseklik ile zeminden tavana yükseklik farkı 0,6 ile 1,3 arasında değişmektedir (Tablo 6).

Tablo 5. Mimari tasarım kriterlerine ait değerler (Architectural design criteria values)

	Gate of Europe Kulesi	Tornado Kulesi	Landmark East 2 Kulesi	F&F Kulesi	Soyak Kristal Kule	Majunga Kulesi	The Leaden Hall	Evolution Kulesi	Generali Kulesi	Mistral Ofis Kulesi	Nida Kule Levent
K1. Yapı Biçimi	Eğik	Serbest	Eğik	Burgu	Serbest	Serbest	Piramidal	Burgu	Burgu	Burgu	Serbest
K2. Brüt kat alanı (m ²)	1222	1814	2117	725	1224	1708	1702	1764	1374	940	790
K3.Çekirdek alanı(m ²)	288,6	500	550	150,5	263	492	396	490	348	236	192
K4.Zeminden en üste kat alanı değişimi	0	%1	%28	%58	%100	%46	%83	%69	%13	%78	%84
K5.Asansör sayısı	8	16	17	5	9	16	24	10	10	9	7
K6.Asansör alanı/ brüt kat alanı	%3,9	%7,8	%4,3	%4,4	%5,4	%3,5	%6	%3,9	%4,1	%5,3	%3,5
K7.Asansör alanı/ çekirdek alanı	%16,3	%27,7	%16,6	%21,2	%24,4	%12,4	%25,6	%14	%16,1	%21,2	%13,9
K8.a. Kullanım Alanı Derinliği-en az (m)	5,0	9	5,7	4,8	3,3	7	12,5	8	6	3,2	4,5
K8.b. Kullanım Alanı Derinliği-en fazla (m)	17,5	17	26,7	13	17	16	47	14,3	13	10	21

Tablo 6. Strüktürel kriterlere ait değerler (Structural criteria values)

	Gate of Europe Kulesi	Tornado Kulesi	Landmark East 2 Kule	F&F Kulesi	Soyak Kristal K.	Majunga Kulesi	The Leaden Hall	Evolution Kulesi	Generali Kulesi	Mistral Ofis Kulesi	Nida Kule Levent
K9. Taşıyıcı sistem türü	Çekirdekli çerçeve	Çekirdekli çelik diyagrid	Çekirdekli çerçeve	Çekirdekli çerçeve	Çekirdekli çerçeve	Çekirdekli çerçeve	Mega çerçeve-diyagrid	Çekirdekli çerçeve	Çekirdekli çerçeve	Çekirdekli yatay kafes kırış	Çekirdekli çerçeve
K10. a. Taşıyıcı Sistem Malzemesi (çekirdek)	BA*	BA	BA	BA	BA	BA	Çelik	BA	BA	BA	BA
K10. b. Taşıyıcı Sistem Malzemesi (düşey eleman)	Çelik	Çelik	BA	BA	BA&Çelik	BA	Çelik	BA	BA	BA	Kompozit
K11. Narinlik oranı	3,3	3,4	3,74	5,8	5,1	5,7	4,6	5,8	6	6,4	4
K12. Taşıyıcı sistem elemanları/ brüt kat alanı (%)	%7,9	%4,7	%3,6	%5,1	%4,2	%4,4	%1,5	%7,5	%4,9	%5,7	%5,1
K13. Yapı yüksekliği (m)	114	195	187	232	169	194	224	246	170	216	140
K14. Kat adedi	26	52	43	53	35	45	50	55	43	48	27
K15. Zeminden zemine yükseklik ile zeminden tavana yükseklik farkı (m)	1	1	1,3	0,6	0,7	1	1,25	1,1	1	1	1

*BA: Betonarme

4.3. Kullanılabilir Alan/Brüt Kat Alanına İlişkin Bulgular (Results of Usable Floor Area/Gross Floor Area)

İncelenen örnekler için verilerin birbirleriyle kıyaslanabilmesi için kullanılabilir alanın brüt kat alanına oranı değeri kullanılmıştır. Bu oran ne kadar fazla ise verimlilik o kadar fazladır. Buna göre en yüksek oran %79,2 ile F&F Kulesi'nde, en düşük oran %71,2 ile Evolution Kulesi ve Majunga Kulesi'ndedir. İncelenen diğer yapılarıdaki kullanılabilir alan/brüt kat alanı oranı Gate of Europe Kulesi'nde %76,4; Tornado Kulesi'nde %72,4; Landmark East 2 Kulesi'nde %74,5; Soyak Kristal Kule'de %78,1; The LeadenHall'da %75,7; Generali Kulesi'nde %74,7; Mistral Ofis Kulesi'nde %74,8; Nida Kule Levent'te %74,5 olarak hesaplanmıştır.

5. Modelin Oluşturulması (Creating the Model)

5.1. Vaka Çalışması yöntemiyle Alt Kriterlerin Oluşturulması ve Ağırlık Yüzdelerinin Hesaplanması (Creating Sub-Criteria and Calculation of Sub-Criteria Weights with a case study method)

Örneklerin incelenmesinden elde edilen bulgular ışığında kullanım alanı verimliliğini etkileyen on beş adet kriterle ilgili altmış adet alt

kriter oluşturulmuştur. Alt kriter hesaplama işlemleri tüm kriterler için tekrarlanmış ve alt kriterlerin ağırlık yüzdeleri elde edilmiştir (Tablo 7).

5.2. AHS Yöntemiyle Kriterlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi (Determining the Importance of the Criteria with the AHP Method)

Sıra dışı biçimli yüksek ofis yapılarında kullanım alanı verimliliğini etkileyen kriterlerin bağıl önem derecelerinin belirlenmesi için 30 yüksek yapı uzmanından, belirlenen on beş adet kriterin Tablo 2'de açıklanan 9'lu likert ölçeği ile puanlanması talep edilmiştir. Puanlama sonucunda 30 uzmanın değerlendirmesine göre 'K1-Yapı Biçimi' kriteri 208 puanla, 'K2- Taşıyıcı Sistem Türü' 204 puanla verimliliği en çok etkileyen kriterler; 'K15- Zeminden Zemine Yükseklik ile Zeminden Tavana Yükseklik Farkı' kriteri 136 puanla en az etkileyen kriter olarak bulunmuştur (Tablo 8). Kriterlerin puanları her bir puanlama skalası değerine verilen cevap sayısı ile o skalanın puan değerinin çarpımı ile bulunmuştur. Ankete katılan uzmanlardan alınan görüşler çerçevesinde elde edilen verilerin değerlendirilmesi için aşağıdaki adımlar takip edilmiştir:

1. Adım: Her bir kriter için toplam değer hesaplanmıştır (Tablo 8).

Tablo 7. Çalışma kapsamında kullanılan alt kriterlerin ağırlık yüzdeleri (Sub-criteria weights used in the model)

Kriter	Alt Kriter	Ağırlık Yüzdesi	Kriter	Alt Kriter	Ağırlık Yüzdesi
K1. Yapı Biçimi	Piramidal	%75,70	K8.2. Kullanım Alanı Derinliği (en fazla)	10 m-14,9 m	%74,98
	Eğik Biçim	%75,45		15 m-19,9 m	%74,50
	Burgu Biçim	%74,98		20 m- 24,9 m	%74,50
	Serbest Biçim	%74,05		25 m-30 m	%75,10
K2. Brüt Kat Alanı	700-1000 m ²	%76,20	K9. Taşıyıcı Sistem Türü	Çekirdekli çerçeve s.	%74,77
	1001-1500 m ²	%76,40		Yatay kafes kirişli s.	%74,80
	1501-2000 m ²	%72,60	K10.1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi (çekirdek)	Çekirdekli diyagrid s.	%74,83
	2001-2500 m ²	%74,50		Betonarme	%74,70
K3. Çekirdek Alanı	150-250 m ²	%76,20	K10.2 Taşıyıcı sistem Malzemesi (kolonlar)	Çelik	%75,70
	251-350 m ²	%76,40		Betonarme	%74,27
	351-450 m ²	%75,20	K11. Narinlik Oranı	Çelik	%74,83
451-550 m ²	%72,30	Kompozit		%74,50	
K4. Zeminden En Üste Kat Alanı Değişimi	%0-%25	%74,50		Betonarme ve Çelik	%78,10
	%26-%50	%72,90		3-3,9	%74,40
	%51-%75	%75,20	4-4,9	%75,10	
K5. Asansör Sayısı	%76- %100	%75,80	K12. Taşıyıcı Sistem Elemanları Brüt İç Kat Alanı	5- 5,9	%74,90
	5-9	%76,60		6 ve üzeri	%74,80
	10-15	%73,00	K13. Yapı Yüksekliği	%1,5-%3,9	%75,10
16-20	%72,70	%4- %6,9		%74,99	
21-25	%75,70	%7 ve üzeri		%73,80	
K6. Asansör Alanı/ Brüt İç Kat Alanı	%3,5-5	%74,50	K14. Kat Adedi	110m- 149m	%75,45
	%5,1-6,5	%76,20		150m- 199m	%74,18
K7. Asansör Alanı/ Çekirdek Alanı	%6,6-8	%72,40		200m- 250m	%75,23
	%12-%15,9	%72,30		25-34	%75,45
K8.1. Kullanım Alanı Derinliği (en az)	%16- %19,9	%75,20	K15. Zeminden Zemine Yükseklik ile Zeminden Tavana Yükseklik Farkı	35- 44	%75,77
	%20- %24,9	%77,40		45- 54	%74,70
	3 m-5 m	%76,70	55 ve üzeri	%71,20	
5,1-7 m	%75,20	0,5m- 1 m	%74,99		
7,1m-9 m	%71,20	1,1 m- 1,5 m	%74,45		
9,1 m-11m	%74,10				

Tablo 8. Kriter ağırlıklarının belirlenme anketi analizi (Criteria weighting questionnaire analysis)

Kriterler	Eşit önemde	Biraz daha önemli	Oldukça önemli	Çok önemli	Son derece önemli	Cevap sayısı	Toplam değer
K1. Yapı Biçimi	1	2	7	7	13	30	208
K2. Brüt Kat Alanı	4	5	7	7	7	30	166
K3. Çekirdek Alanı	3	3	5	5	14	30	198
K4. Zeminden En Üste Kat Alanı Değişimi	6	6	10	4	4	30	138
K5. Asansör Sayısı	5	3	4	11	7	30	174
K6. Asansör Boşluğu Alanı/ Brüt Kat Alanı	3	4	6	10	7	30	178
K7. Asansör Boşluğu Alanı/ Çekirdek Alanı	2	5	10	6	7	30	172
K8. Kullanım Alanı Derinliği	0	6	11	6	7	30	178
K9. Taşıyıcı Sistem Türü	3	2	4	7	14	30	204
K10. Taşıyıcı Sistem Malzemesi	4	3	6	11	6	30	174
K11. Narinlik Oranı	7	2	7	10	4	30	154
K12. Taşıyıcı Sistem Elemanları Toplam Alanı/Brüt Kat Alanı	3	1	8	10	8	30	188
K13. Yapı Yüksekliği	4	3	8	7	8	30	174
K14. Kat Adedi	4	5	5	8	8	30	172
K15. Zeminden Zemine Yükseklik ile Zeminden Tavana Yükseklik Farkı	8	4	8	7	3	30	136

2. Adım: Kriterler ikili karşılaştırma matrisine yerleştirilmiştir. Her bir hücredeki değer bulunduğu satırdaki değer bulunduğ sütundaki değere bölünmesiyle elde edilmiştir (Tablo 9). Örneğin tablonun 1. satırının 2. sütunundaki değer, K1 değerinin (208) K2 değerine (166) oranlanmasıyla 1,3 olarak bulunmuştur.

3. Adım: İkili karşılaştırma matrisindeki elemanlar, bulunduğu sütun toplamına bölünerek normalize edilmiş matris elde edilmiştir (Tablo 10). Ardından matrisin normalizasyonu sonunda satırdaki değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanmıştır. Bulunan değer ilgili satırdaki kriterin görel önem katsayısını vermektedir (Tablo 11).

Tablo 9. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi (Pairwise comparison matrix of criteria)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
K1	1,00	1,25	1,05	1,51	1,20	1,17	1,21	1,17	1,02	1,20	1,35	1,11	1,20	1,21	1,53
K2	0,80	1,00	0,84	1,20	0,95	0,93	0,97	0,93	0,81	0,95	1,08	0,88	0,95	0,97	1,22
K3	0,95	1,19	1,00	1,43	1,14	1,11	1,15	1,11	0,97	1,14	1,29	1,05	1,14	1,15	1,46
K4	0,66	0,83	0,70	1,00	0,79	0,78	0,80	0,78	0,68	0,79	0,90	0,73	0,79	0,80	1,01
K5	0,84	1,05	0,88	1,26	1,00	0,98	1,01	0,98	0,85	1,00	1,13	0,93	1,00	1,01	1,28
K6	0,86	1,07	0,90	1,29	1,02	1,00	1,03	1,00	0,87	1,02	1,16	0,95	1,02	1,03	1,31
K7	0,83	1,04	0,87	1,25	0,99	0,97	1,00	0,97	0,84	0,99	1,12	0,91	0,99	1,00	1,26
K8	0,86	1,07	0,90	1,29	1,02	1,00	1,03	1,00	0,87	1,02	1,16	0,95	1,02	1,03	1,31
K9	0,98	1,23	1,03	1,48	1,17	1,15	1,19	1,15	1,00	1,17	1,32	1,09	1,17	1,19	1,50
K10	0,84	1,05	0,88	1,26	1,00	0,98	1,01	0,98	0,85	1,00	1,13	0,93	1,00	1,01	1,28
K11	0,74	0,93	0,78	1,12	0,89	0,87	0,90	0,87	0,75	0,89	1,00	0,82	0,89	0,90	1,13
K12	0,90	1,13	0,95	1,36	1,08	1,06	1,09	1,06	0,92	1,08	1,22	1,00	1,08	1,09	1,38
K13	0,84	1,05	0,88	1,26	1,00	0,98	1,01	0,98	0,85	1,00	1,13	0,93	1,00	1,01	1,28
K14	0,83	1,04	0,87	1,25	0,99	0,97	0,90	0,97	0,84	0,99	1,12	0,91	0,99	1,00	1,26
K15	0,65	0,82	0,69	0,99	0,78	0,76	0,79	0,76	0,67	0,78	0,88	0,72	0,78	0,79	1,00
Σ	12,6	15,7	13,2	18,9	15,0	14,7	14,2	14,7	12,8	15,0	17,0	13,9	15,0	15,2	19,2

Tablo 10. Normalize edilmiş matris (Normalized matrix)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15	
K1	0,079	0,084	0,083	0,079	0,079	0,081	0,079	0,081	0,077	0,079	0,082	0,080	0,079	0,079	0,078	0,080
K2	0,063	0,065	0,060	0,063	0,066	0,060	0,066	0,060	0,062	0,066	0,065	0,066	0,066	0,066	0,062	0,064
K3	0,079	0,077	0,075	0,074	0,073	0,074	0,079	0,074	0,077	0,073	0,076	0,080	0,073	0,079	0,078	0,076
K4	0,056	0,052	0,053	0,053	0,053	0,054	0,053	0,054	0,054	0,053	0,053	0,051	0,053	0,053	0,052	0,053
K5	0,063	0,065	0,068	0,068	0,066	0,067	0,066	0,067	0,069	0,066	0,065	0,066	0,066	0,066	0,067	0,066
K6	0,071	0,071	0,068	0,068	0,066	0,067	0,066	0,067	0,069	0,066	0,071	0,066	0,066	0,066	0,067	0,068
K7	0,063	0,065	0,068	0,063	0,066	0,067	0,066	0,067	0,062	0,066	0,065	0,066	0,066	0,066	0,067	0,066
K8	0,071	0,071	0,068	0,068	0,066	0,067	0,066	0,067	0,069	0,066	0,071	0,066	0,066	0,066	0,067	0,068
K9	0,079	0,077	0,075	0,079	0,079	0,074	0,079	0,074	0,077	0,079	0,076	0,080	0,079	0,079	0,078	0,078
K10	0,063	0,065	0,068	0,068	0,066	0,067	0,066	0,067	0,069	0,066	0,065	0,066	0,066	0,066	0,067	0,066
K11	0,056	0,058	0,060	0,058	0,060	0,060	0,059	0,060	0,062	0,060	0,059	0,058	0,060	0,059	0,057	0,059
K12	0,071	0,071	0,068	0,074	0,073	0,074	0,072	0,074	0,069	0,073	0,071	0,073	0,073	0,072	0,073	0,072
K13	0,063	0,065	0,068	0,068	0,066	0,067	0,066	0,067	0,069	0,066	0,065	0,066	0,066	0,066	0,067	0,066
K14	0,063	0,065	0,068	0,063	0,066	0,067	0,066	0,067	0,062	0,066	0,065	0,066	0,066	0,066	0,067	0,066
K15	0,056	0,052	0,053	0,053	0,053	0,054	0,053	0,054	0,054	0,053	0,053	0,051	0,053	0,053	0,052	0,053
Σ	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,000

Tablo 11. Kriterlerin önem katsayıları (The importance coefficients of the criteria)

Kriter	Önem Katsayısı	Kriter	Önem Katsayısı	Kriter	Önem Katsayısı
K1	0,0800	K6	0,0677	K11	0,0590
K2	0,0638	K7	0,0655	K12	0,0720
K3	0,0761	K8	0,0677	K13	0,0664
K4	0,0529	K9	0,0778	K14	0,0655
K5	0,0664	K10	0,0664	K15	0,0529

4. Adım: Göreli önem katsayıları hesaplanan değerlerin güvenilirliğinin anlaşılabilmesi için tutarlılık oranı Eş. 2'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Başlangıçta oluşturulan karşılaştırma matrisi (A) ile

görelî önem katsayılarının belirlendiği görelî önem vektörünün (W) matris çarpımı ile sütun vektörü (D) elde edilmiştir. Her bir kriter için Eş. 2'de elde edilen D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı

elemanlarının bölünmesiyle Eş. 3'de gösterildiği gibi temel değer (E) elde edilmiştir.

$$D = A \times W \quad (2)$$

$$D = \begin{bmatrix} 1,0 & 1,3 & \dots & 1,2 & 1,5 \\ 0,8 & 1,0 & \dots & 1,0 & 1,2 \\ 1,0 & 1,2 & \dots & 1,2 & 1,5 \\ 0,7 & 0,8 & \dots & 0,8 & 1,0 \\ 0,8 & 1,0 & \dots & 1,0 & 1,3 \\ 0,9 & 1,1 & \dots & 1,0 & 1,3 \\ 0,8 & 1,0 & \dots & 1,0 & 1,3 \\ 0,9 & 1,1 & \dots & 1,0 & 1,3 \\ 1,0 & 1,2 & \dots & 1,2 & 1,5 \\ 0,8 & 1,0 & \dots & 1,0 & 1,3 \\ 0,7 & 0,9 & \dots & 0,9 & 1,1 \\ 0,9 & 1,1 & \dots & 1,1 & 1,4 \\ 0,8 & 1,0 & \dots & 1,0 & 1,3 \\ 0,8 & 1,0 & \dots & 1,0 & 1,3 \\ 0,7 & 0,8 & \dots & 0,8 & 1,0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,0800 \\ 0,0638 \\ 0,0761 \\ 0,0529 \\ 0,0664 \\ 0,0677 \\ 0,0655 \\ 0,0677 \\ 0,0778 \\ 0,0664 \\ 0,0590 \\ 0,0720 \\ 0,0664 \\ 0,0655 \\ 0,0529 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,204 \\ 0,960 \\ 1,145 \\ 0,797 \\ 0,999 \\ 1,019 \\ 0,986 \\ 1,019 \\ 1,170 \\ 0,999 \\ 0,889 \\ 1,084 \\ 0,999 \\ 0,986 \\ 0,797 \end{bmatrix}$$

Kriterler için bulunan temel değerlerin aritmetik ortalaması alınarak temel değer katsayısı (λ) elde edilmiştir. Yapılan işlemler sonucu temel değer katsayısı (λ) 15,053 olarak bulunmuştur.

$$E = D / W \quad (3)$$

$$E = \begin{bmatrix} 1,204 \\ 0,906 \\ 1,145 \\ 0,797 \\ 0,999 \\ 1,019 \\ 0,986 \\ 1,019 \\ 1,170 \\ 0,999 \\ 0,889 \\ 1,084 \\ 0,999 \\ 0,986 \\ 0,797 \end{bmatrix} / \begin{bmatrix} 0,0800 \\ 0,0638 \\ 0,0761 \\ 0,0529 \\ 0,0664 \\ 0,0677 \\ 0,0655 \\ 0,0677 \\ 0,0778 \\ 0,0664 \\ 0,0590 \\ 0,0720 \\ 0,0664 \\ 0,0655 \\ 0,0529 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15,051 \\ 15,049 \\ 15,051 \\ 15,054 \\ 15,054 \\ 15,053 \\ 15,053 \\ 15,053 \\ 15,051 \\ 15,054 \\ 15,053 \\ 15,052 \\ 15,054 \\ 15,053 \\ 15,054 \end{bmatrix}$$

$$\lambda = (15,051 + 15,049 + 15,051 + 15,054 + 15,054 + 15,053 + 15,053 + 15,053 + 15,051 + 15,054 + 15,053 + 15,052 + 15,054 + 15,053 + 15,054) / 15$$

$$\lambda = 15,053$$

Temel değer katsayısı (λ) hesaplandıktan sonra tutarlılık göstergesi (CI) Eş. 4'te gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$CI = (\lambda - n) / (n - 1) \quad (4)$$

$$CI = (15,053 - 15) / (15 - 1) = 0,0038$$

Tutarlılık göstergesinin (CI) tesadüfîlik göstergesine (RI) oranlanmasıyla tutarlılık oranı (CR) Eş. 5 yardımıyla hesaplanmıştır.

Tesadüfîlik göstergesi değeri için çeşitli araştırmalar sonucu elde edilen tablo kullanılmıştır. Bu tabloya göre 15 kriterli bir matris için tesadüfîlik göstergesi 1,58'dir (Tablo 12). Hesaplamalara göre ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranı (CR) 0,002 (%0,2) olarak bulunmuştur. Bu değer 0,10 (%10)'dan küçük olduğu için karşılaştırmanın tutarlı olduğu görülmektedir.

$$CR = CI / RI \quad (5)$$

$$CR = 0,0038 / 1,58 = 0,002$$

5.3. BTA Yöntemi ile Verilerin Sentezi (Synthesis of Data with SAW Method)

Uzman görüşünden elde edilen verilerin AHS yöntemi ile ikili karşılaştırılması ile kriterlerin önem katsayısı, yapı örneklerinin irdelemesinden elde edilen veriler ile her bir alt kriterin ağırlık yüzdeleri hesaplanmıştır. Basit toplamı ağırlık verme (BTA) yöntemi ile 15 kriter için alt kriterin ağırlık yüzdesi ile kriterin önem katsayısı çarpılıp elde edilen değerlerin toplanması ile verilerin sentezi sonucunda oluşturulan model Tablo 13'de verilmiştir. Modelin kullanımı şu şekilde gerçekleştirilmektedir:

- Tasarlanan avan proje için yapı biçimi, brüt kat alanı, çekirdek alanı, asansör sayısı, vb. kritere ait alt kriterler seçilmektedir.
- Seçilen kriterin önem kat sayısı ile seçilen alt kriterin ağırlık yüzdesi çarpılmaktadır.
- Tüm kriterler için işlemler tekrarlandıktan sonra modelden elde edilen değer kullanım alanı verimlilik düzeyini veren yüzdelik bir değer çıkmaktadır.

5.4. Modelin Sınanması (Testing the model)

Çalışma kapsamında geliştirilen model sıra dışı biçimli yüksek yapı örneklerinden birer örnekle sınanmıştır. Model;

- Piramidal biçimli yüksek yapı örneği olarak The Leaden Hall,
- Eğik biçimli yüksek yapı örneği olarak Gate of Europe,
- Burgu biçimli yüksek yapı örneği olarak Generali Kule,
- Serbest biçimli yüksek yapı örneği olarak Nida Kule Levent yapısı üzerinde denenmiştir.

Modelin denenmesi sonucu piramidal biçimli The Leaden Hall Kulesi'nin kullanım alanı verimlilik düzeyi %74,9; eğik biçimli Gate of Europe Kulesi'nin kullanım alanı verimlilik düzeyi %75,1; burgu biçimli Generali Kule'nin kullanım alanı verimlilik düzeyi değeri %74,8; serbest biçimli Nida Kule Levent'in kullanım alanı verimlilik düzeyi %75,0 olarak bulunmuştur. Bunun yanı sıra sınama yapılarına ait kullanılabilir alan/brüt kat alanı değerleri ile model sonucu elde edilen kullanım alanı verimlilik düzeyi değerleri arasındaki değişim oranı aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Tablo 14). Buna göre önerilen model ile kullanılabilir alan/brüt kat alanı arasında en az fark burgu biçimli yüksek yapı örneğinde (%0,10); en fazla fark eğik biçimli yüksek yapı örneğinde (%1,30) görülmüştür.

Tablo 12. Tesadüfîlik gösterge değerleri [36] (Random Index)

n	RI	n	RI	n	RI
3	0,52	8	1,41	13	1,56
4	0,88	9	1,45	14	1,57
5	1,11	10	1,49	15	1,58
6	1,25	11	1,51	16	1,60
7	1,34	12	1,54	17	1,61

Tablo 13. Sıradışı biçimli yüksek ofis yapılarında kullanım alanı verimliliğinin tespitine yönelik model önerisi
(Model proposal for determining space efficiency in non-orthogonal high-rise office buildings)

Kriterler	Alt Kriterler	Ağırlık Yüzdeleri (W _i)	Önem Katsayısı (r _i)	KAVD*
K1.Yapı Biçimi	Piramidal	%75,7	0,0800	
	Eğik	%75,45		
	Burgu	%74,98		
	Serbest	%74,05		
K2. Brüt İç Kat Alanı	700-1000 m ²	%76,20	0,0638	
	1001-1500 m ²	%76,40		
	1501-2000 m ²	%72,60		
	2001-2500 m ²	%74,50		
K3. Çekirdek Alanı	150-250 m ²	%76,20	0,0761	
	251-350 m ²	%76,40		
	351-450 m ²	%75,20		
	451-550 m ²	%72,30		
K4. Zeminden En Üste Kat Alanı Değişimi	%0- %25	%74,50	0,0529	
	%26- %50	%72,90		
	%51- %75	%75,20		
	%76- %100	%75,80		
K5. Asansör Sayısı	5-9	%76,60	0,0664	
	10-15	%73,00		
	16-20	%72,70		
	21 -25	%75,70		
K6. Asansör Alanı/ Brüt Kat Alanı	%3,5- 5	%74,50	0,0677	
	%5,1-6,5	%76,20		
	%6,5- 8	%72,40		
K7. Asansör Alanı/ Çekirdek Alanı	%12- %15,9	%72,30	0,0655	
	%16- %19,9	%75,20		
	%20- %24,9	%77,40		
	%25- %29,9	%74,10		
K8.A. Kullanım Alanı Derinliği (en az)	3m- 5m	%76,70	0,0330	
	5,1m- 7m	%75,20		
	7,1m- 9m	%71,20		
	9,1 m- 11 m	%74,10		
K8.B. Kullanım Alanı Derinliği (en fazla)	10m- 14,9m	%74,98	0,0330	
	15m- 19,9m	%74,50		
	20m-24,9m	%74,50		
	25m- 30m	%75,10		
K9. Taşıyıcı Sistem Türü	Çekirdekli çerçeve sistem	%74,77	0,0778	
	Çekirdekli yatay kafes kirişli sistem	%74,80		
	Çekirdekli diyagrid sistem	%74,83		
K10.A Taşıyıcı Sistem Malzemesi (çekirdek)	Betonarme	%74,70	0,0332	
	Çelik	%75,70		
K10.B. Taşıyıcı Sistem Malzemesi (düşey eleman)	Betonarme	%74,27	0,0332	
	Çelik	%74,83		
	Kompozit	%74,50		
	Betonarme & Çelik	%78,10		
K11. Narinlik Oranı	3- 3,9	%74,40	0,0590	
	4- 4,9	%75,10		
	5- 5,9	%74,90		
	6 ve üzeri	%74,80		
K12. Taşıyıcı Sistem Elemanları/ Brüt Kat Alanı	%1,5- %3,9	%75,10	0,0720	
	%4- %6,9	%74,99		
	%7 ve üzeri	%73,80		
K13. Yapı Yüksekliği	110m- 149m	%75,45	0,0664	
	150m- 199m	%74,18		
	200m- 250m	%75,23		
K14. Kat Adedi	25- 34	%75,45	0,0655	
	35- 44	%75,77		
	45- 54	%74,70		
	55 ve üzeri	%71,20		
K15. Zeminden Zemine Yükseklik ile Zeminden Tavana Yükseklik Farkı	0,5m- 1m	%74,99	0,0529	
	1,1m- 1,5m	%74,45		
Genel Toplam ($\sum_{i=1}^n (W_i \times r_i)$)				

MİMARİ TASARIM FAKTÖRLERİ

STRÜKTÜREL FAKTÖRLER

Tablo 14. Önerilen modelin sınıma sonuçları (test results of the model)

Yapı Biçimi	Yapı Adı	Kullanılabilir Alan/ Brüt İç Kat Alanı	Model Sonucu Elde Edilen KAVD	Değişim
Piramidal	The Leaden Hall	%75,7	%74,9	%0,8
Eğik	Gate of Europe	%76,4	%75,1	%1,3
Burgu	Generalı Kule	%74,7	%74,8	-%0,1
Serbest	Nida Kule Levent	%74,5	%75,0	-%0,5

6. Sonuçlar (Conclusion)

Yapılarda kullanılabilir alanların artması yapının karlılığını arttırmada en önemli tasarım girdisidir. Yapının kullanılabilir alanlarının artması alan verimliliğinin sağlanması ile mümkündür. Bu çalışmada on beş kriterin kullanım alanı verimliliğine etkisi sıra dışı biçimli yüksek yapılar örneğinde değerlendirilmiş ve yapının kullanım alanı verimlilik düzeyi ile ilgili toplam puan veren bir model oluşturulmuştur.

İrdelenen kriterlerden yapı biçimi kriterinin kullanım alanı verimliliğini en fazla etkileyen kriter olduğu tespit edilmiştir. Sıra dışı biçimler arasında en yüksek kullanım alanı verimliliğine sahip biçimin piramidal; en düşük kullanım alanı verimliliğine sahip biçimin serbest biçim olduğu görülmüştür. Bununla birlikte sıra dışı biçimler arasında kullanım alanı verimliliğini önemli ölçüde etkileyecek bir fark bulunmamıştır. Sıra dışı biçimli yüksek yapıların taşıyıcı sistem tasarımında en çok betonarme çekirdek ve çerçeve sistem tercih edilmiştir. Çalışmada kullanım alanı verimliliğini en az etkileyen kriterin zeminden yükseklik ile zeminden tavana yükseklik farkı kriteri olduğu tespit edilmiştir.

Geliştirilen model çalışması ile sıra dışı biçimli yüksek ofis yapılarının kullanım alanı verimlilik düzeyleri belirlenebilmekte, yatırımcıların, tasarımcıların ve gayrimenkul uzmanlarının ön tasarım aşamasında yapı hakkında tahminde bulunmalarına ve tasarımlarını iyileştirmelerine olanak sağlanmaktadır. Model aynı zamanda alt kriterler arasındaki karar değişiminde kullanım alanı verimliliğinin ne ölçüde değişeceğinin pratik bir şekilde görülebilmelerini sağlamaktadır.

Kat planları çoğunlukla birbirinden farklı olan sıra dışı biçimli yüksek yapıların kullanım alanı verimlilikleri ile ilgili değerlendirme yapabilmek için tüm kat planlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada yapıların kat planlarına erişim gücünü çalışmanın en büyük kısıtı olmuştur. Bu sebeple en çok verinin elde edilebildiği, kat planlarına ulaşılabilen on bir adet sıra dışı biçimli yüksek yapı çalışmaya dahil edilmiştir. İleriki çalışmalarda örneklem sayısının artırılması ile modelin güvenilirliğinin artırılacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte gelecek çalışmalarda mekanik ve tesisat sistemleri ve deprem etkisi ile ilgili kriterlerin eklenmesiyle alanında uzman kişilerle disiplinler arası iş birliği ile modelin geliştirilmesi mümkün olacaktır. Sıra dışı biçimli yüksek yapılarda kullanım alanı verimliliğini veren bu model çalışması yapı örnekleminin değiştirilmesiyle farklı işlevli ya da farklı özellikteki yapılara uyarlanabilmektedir.

Kaynaklar (References)

- Sev A. ve Tuğrul F., Integration of Architectural Design with Structural Form in Non-orthogonal High-rise Buildings, *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 7 (2), 31-42, 2014.
- TDK, Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlüğü, Ocak 2021.
- Veljkovic M., *Sustainable Steel Buildings: A Practical Guide for Structures and Envelopes*. John Wiley & Sons, 2016.
- Sev A. ve Özgen A., Space Efficiency in High-rise Office Buildings, *Metu JFA*, 26 (2), 69-89, 2009.
- Kim H.I. ve Elnimeiri M., Space Efficiency in Multi-Use Tall Building, *Tall Buildings in Historical Cities-Culture and Technology for Sustainable Cities*, 10-13, 2004.
- Ilgın H.E., Space Efficiency in Supertall Office Buildings, *J. Archit. Eng.*, 27- 3, 2021.
- Ilgın H.E., Space Efficiency in Contemporary Supertall Residential Buildings, *Architecture*, 1 (1), 25-37, 2021.
- Arslan Kılınc G., Yüksek Ofis Yapılarında Kat Alanı Verimliliğinin Belirlenmesine Yönelik Bir Model Geliştirilmesi, *Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2019.
- Saari A., Tissari T., Valkama E. ve Seppänen, O., The effect of a Redesign Floor Plan, Occupant Density and the Quality of Indoor Climate on the Cost of Space, Productivity and Sick Leave in an Office Building—A Case Study, *Building and Environment*, 41 (12), 1961-1972, 2006.
- CTBUH, Buildings, Explore Building Data, 2020, Erişim: 20.06.2020.
- CTBUH, Buildings, CTBUH Height Criteria for Measuring & Defining Tall Buildings, 2020, Erişim: 20.06.2020. (https://cloud.ctbuh.org/CTBUH_HeightCriteria.pdf).
- Teegavarapu S., Summers J.D. ve Mocko G.M., Case Study Method for Design Research: A Justification In, *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, 43284, 495-503, 2008.
- Saaty T.L. ve Vargas, L., Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, *Int. J. Services Sciences*, 1, 2018.
- Uludağ A.S. ve Doğan, H., Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına Odaklı Bir Hizmet Kalitesi Uygulaması, *Çankırı Karatekin University Journal of the Faculty of Economics Administrative Sciences*, 6 (2), 17-47, 2016.
- Darko A., Chan A.P.C., Ameyaw E.E., Owusu E.K., Pärn E. ve Edwards D.J., Review of Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in Construction, *International Journal of Construction Management*, 19 (5), 436-452, 2019.
- Erdoğan S.A., Şaparauskas J. ve Turskis Z., Decision Making in Construction Management: AHP and Expert Choice Approach, *Procedia Engineering*, 172, 270-276, 2017.
- Alwaer H. ve Clements-Croome D.J., Key Performance Indicators (KPIs) and Priority Setting in Using the Multi-attribute Approach for Assessing Sustainable Intelligent Buildings, *Building and Environment*, 45 (4), 799-807, 2010.
- Liu J., Ding G.K. ve Samali B., Building Sustainable Score (BSS)-A Hybrid Process Approach for Sustainable Building Assessment in China, *Journal of Power and Energy Engineering*, 2013.
- Akadiri P.O., Olomolaiye P.O. and Chinyio E.A., Multi-Criteria Evaluation Model for the Selection of Sustainable Materials for Building Projects, *Automation in Construction*, 30, 113-125, 2013.
- Hopfe C.J., Augenbroe G.L.M. ve Hensen, J.L.M., Multi-criteria Decision Making Under Uncertainty in Building Performance Assessment, *Building and Environment*, 69, 81-90, 2013.
- Mansor R. ve Sheau-Ting L., A Measurement Model of Occupant Well-being for Malaysian Office Building, *Building and Environment*, 2021.
- Yılmaz B., Türkiye için Sürdürülebilir Bina Performans Kriterleri ve Bütünleşik Tasarım Yönetim Modeli Oluşturulması, *Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 2012.
- Medineckienė M., Björk F., Owner Preferences Regarding Renovation Measures the Demonstration of Using Multi-criteria Decision Making, *J. Civ. Eng. Manag.*, 17, 284-295, 2011.
- Sedghiyan D., Ashouri A., Maftouni N., Xiong Q., Rezaee E., Sadeghi S., Prioritization of Renewable Energy Resources in Five Climate Zones in Iran Using AHP, Hybrid AHP-TOPSIS and AHP-SAW Methods, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 44, 2021.
- Hogg R.V. ve Tanis E.A., *Probability and Statistical Inference*, Macmillan Publishing Company, 38, 1988.

26. Saaty T.L., A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, *Journal of Mathematical Psychology*, 15 (3), 234-281, 1977.
27. Saaty R.W., The Analytic Hierarchy Process—What it is and How it is used, *Mathematical modelling*, 9 (3-5), 161-176, 1987.
28. Jate-Estino D., Castillo-Lopez E., Rodriguez-Hernandez J. ve Canteras-Jordana J.C., A Review of Application of Multi-Criteria Decision-Making Methods in Construction, *Automation in Construction*, 45, 151–162, 2014.
29. Wiggins J.M., *Facilities Manager' s Desk Reference*, John Wiley & Sons, ISBN: 9781118462942, 2014.
30. Marfella G., Five Speculative Points for a Building Type, In *Proceedings of the 34th Annual Conference of the Australasian Universities Building Education Association*, Melbourne, Australia, 14, 2010.
31. Alexi M, A., Promoting Space Efficiency in Building Design, *Space Management Group*, 107, 2006.
32. Trabucco D., An Analysis of the Relationship between Service Cores and the Embodied/running Energy of Tall Buildings, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 17 (5), 941-952, 2008.
33. ANSI/BOMA Z65.1-2017, *BOMA for Office Buildings: Standard Methods of Measurement* (ISBN(s): 9780988860070), 2017.
34. Ho P.H., *Economics Planning of Super Tall Buildings in Asia Pacific Cities, Strategic Integration of Surveying Services*, 17, 2007.
35. Ali M.A. ve Moon K.S., *Structural Development in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects*, *Architectural Science Review*, 50 (3), 205-223, 2007.
36. Alonso J.A. ve Lamata M.T., Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A New Approach, *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems*, 14 (04), 445-459, 2006.

