
Yüksek Yapılardaki Strüktürel Dışavurumun Bulanık Topsis Yöntemi ile Belirlenmesi

Sultan Şimşek
Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi/ KAYSERİ
ORCID: 00 0000 0102 2345 6789

(Alınış / Received: 24.02.2019, Kabul / Accepted: 13.03.2019, Online Yayınlanma / Published Online: 30.04.2019)

Anahtar Kelimeler
Strüktür,
Dışavurum,
Strüktürel dışavurum,
Bulanık mantık,
BulanıkTOPSİS

Özet: Dünyada yüksek yapılar, zemin çizgisini dik yönde kesen aşırı yükseklikleri, en son yapısal teknoloji ve ürünlerini kullanıyor olmaları, estetik ve sanatsal özellikleri yönünden dikkatleri üzerine çekmektedir. Strüktür sistemindeki ve malzemedeki gelişmeler, yüksek yapıların daha da yükselmesi için en önemli faktörlerden biri olarak görülmektedir. Özellikle sanatsal özelliği yüksek yapılarda, strüktürün yapının cephesinden algılanması, başka bir deyişle dışavurulması, strüktürün estetik bir öğeye dönüşmesi açısından önemli olmaktadır. Bu bağlamda strüktürden; heykelsi ve tek defaya mahsus olarak tasarlanması, çelik gibi hafif ve endüstriyel malzemelerden yapılmış olması, dışardan ve içeriden görülebiliyor olması gibi beklentiler bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, strüktürel dışavurumcu olduğu literatürlerde kanıtlanmış olan Bank of China Kulesi (1990) ve Hong Kong & Şangay Bankacılık Şirketi (HSBC) (1985) binaları incelenerek hangisinin strüktürel dışavuruma daha yakın olduğu, belirlenen ölçütler kapsamında Bulanık TOPSİS yöntemi ile tespit edilmiştir.

Determination of Structural Expression in High Buildings by Fuzzy Topsis Method

Keywords
Structure,
Expression,
Structural expression,
Fuzzy logic,
Fuzzy TOPSIS

Abstract: Tall buildings all over the world attract the attention by virtue of their extreme heights which cut the ground line in perpendicular direction, utilization of the latest structural technology and products as well as their aesthetic and artistic characteristics. Developments with regard to structure system and materials are considered as one of the most significant factors for the rising of tall buildings more than their existing heights. Perception -in other words expression- of structure from the façade of building, particularly for the buildings with considerable artistic characteristics, has a significant role with regard to the transformation of structure into an aesthetic component. In this context, the structure is expected to be sculptural, designed for once, made up of light and industrial materials such as steel, and visible from both inside and outside.

Within the framework of this study, Bank of China (1990) and Hong Kong & Shanghai Banking Corporation (HSBC) (1985) buildings, which have been proven to be structural expressionist in the relevant literature, were examined and identified according to which one is closer to the structural expression within the scope of the determined criterions with the method of Fuzzy TOPSIS

1. Giriş

“Ekspresyonizm” ya da “Anlatımcılık” da denilen dışavurumculuk, 20. Yüzyıl başlarında Avrupa’da ortaya çıkan sanat ve mimarlık akımıdır. Güzel sanatlarda Rönesans’tan beri hüküm sürmüş doğaya uygun betimleme anlayışından bir kopuş olan sanatın asıl amacı, sanatçının duygularını ve iç dünyasını, renk, çizgi, düzlem ve kütle aracılığı ile anlatmasıdır. Bu duyguları daha güçlü yansıtabilmek için sanatçılar tasarımda denge ya da güzellik gibi geleneksel kavramlardan uzaklaşarak biçim bozma yöntemini yaygınlıkta uygulamışlardır [1].

Dışavurumcu mimaride form, tasarımda öncül ve vurgulanan bir noktadır. Heykelsi ve ifadeci form anlayışı tümdengelimsel bir yöntem izlenerek tasarımın tümüne hâkimdir. Mimar konu hakkında tüm söylemek istediklerini ve iç dünyasından iletmeye çalıştığı fikirleri form üzerinden anlatmıştır. Form belki fonksiyonu takip etmez ama yapıda önemli fonksiyonlara karşılık gelen biçimler de genellikle abartılı ve dikkat çekici olmuştur. Buna göre Dışavurumcu Yapılarda heykelsi form, tasarımın içeriğini belirleyen dominant bir etken olarak karşımıza çıkmıştır [2]. Dışavurumcu yapı, ifadeci, tek defaya özgü, plastik nitelikleri yüksek, heykel döker gibi gerçekleştirilen bir mimarinin ürünü olarak tanımlanabilir. Bu yapıların tasarımında iki türlü davranış görülebilir. Birincisi; belirli bir fikrin ya da objenin sembolizmi olarak açıklanabilirken, ikincisi; etkili bir form arayışı neticesinde tek defaya özgü, plastik ve heykelsi bir forma ulaşmak olarak tanımlanabilir [3].

Dışavurumcu tavır doğal organizmalardakine benzer olarak form ve fonksiyonun karşılıklı ilişkisine sahiptir. Fonksiyonist tasarımlar genelde rasyonel makine estetiği olarak tanımlanmaktadır. Dışavurumcu tasarımlarda ise estetik kaygı ve fantastik bir bakış açısı güdülerek yapıldığı halde, malzemenin ele alınışı, strüktür ve kullanılabilirlik açısından Fonksiyonist tasarımlardan daha az rasyonel değildir [4]. İlk dışavurumcu yapılardan Mendelsohn’ un Einstein Kule’si gözlem evi olarak belirgin bir işlev yüklenmiş, ancak burada önemli olan nokta, ifadeci tasarımcının bu belirgin rasyonalite içerisine kendi yorum ve fantezi dünyasını tasarıma katarak yapıyı ortaya çıkartmasıdır. **bknz Şekil 1.** Bruno Taut’un Cam Pavilyon’u ise bir sergi binası, sanat evi olarak yapılmış olmasına rağmen sembolik bir anlam taşımaktadır. **bknz Şekil 2.**



Şekil 1. Einstein Kulesi, Erich Mendelsohn, 1921 [25].



Şekil 2. Cam Pavyon, Bruno Taut, 1914 [26].

Dışavurumcular, biçimin üretiminde fonksiyonun ötesinde başka etkin kavramlara başvurumaktadırlar. Yapının biçim tasarımında mimar, bir düşünceye veya nesneye gönderme yapmak, tek defaya özgü, plastik ve heykelsi bir forma ulaşmak amacıyla olmuşlar ve fonksiyonu somutlaştırmada kişisel düşüncelerini, iç dünyalarını ve özgürlüklerini ön plana çıkartmışlardır. Dışavurumcu Mimari'nin ilk çıkış döneminde mimarlar rasyonalizmin katılığını coşkuyla kırmak konusunda kendilerini oldukça özgür bırakan tasarımlar yapmışlardır. Hem rasyonalizmin o dönemde fazla baskın olması hem de yaratımdaki bu fazla özgürlük anlayışından dolayı, ilk dönem dışavurumcu tasarımlar, az oranda gerçekleşen ve çoğunlukla ütöpik çalışmalar olarak kalmıştır [2]. İkinci dönem ise 1945'lerde yeniden canlanmış ve uygulama alanı bulmuştur. Bu dönemde mimarlar hareket ve dinamizm kattıkları güçlü, heykelsi formlar icat ederek, bütünüyle yeni ve dinamik bir simgesel mimarlık arayışına girişmişlerdir. Malzemeyi eğip bükerek farklı anlamlar kattıkları dışavurum döneminin en belirgin özellikleri strüktürde yapılan gelişmelerdir. Strüktürün dışarı yansıtılarak hareket ve dinamizm kazandırıldığı strüktürel dışavurum döneminde çok sayıda köprü, stadyum gibi geniş açıklıklı yapılar ve yüksek yapılar (kuleler) yapılmıştır.

Strüktürel dışavurum özellikle yüksek yapılarda estetik ve sanatsal bir değer olarak görülebilir. Bu yapılardan Bank of China Kulesi ve Hong Kong & Şangay Bankacılık Şirketi (HSBC) Genel Merkezi Binası strüktürel dışavurum konusunda öncü konumundaki ve her ikisi de kendi içinde değerlendirildiğinde tek defaya mahsus tasarlanmış, heykelsi görüntüsü olan ve strüktürün dışarı yansıtıldığı yapılardır. Bu iki yapının belirlenen ölçütler dikkate alınarak dışavurumcu olup olmadığına veya hangisinin diğerine göre daha üstün dışavurumcu özelliklere sahip olduğuna karar vermek zor görünmektedir. Burada olduğu gibi sayısal değer içermeyen subjektif değerlendirmelerle karar verilmesi gereken ve insanın düşünme sistemine yakın ve dilsel ifadelerin kullanıldığı durumlarda, değerlendirmeyi somut hale getirmek ve kolaylaştırmak için sayısal hesaplamalardan yararlanılan Bulanık TOPSİS yöntemi kullanılmıştır. Bulanık TOPSİS yöntemi, hem yapıları hem de ölçütleri karar vericinin dilsel ifadeler kullanarak verdiği değerleri uygun ölçekler kullanarak, kendi içerisinde ve birbirleriyle kıyaslayarak sayısal değerlere dönüştüren bir yöntemdir.

2. Strüktürel Dışavurum

Modernizmle beraber yeni yapısal sistemlerin ve ileri teknolojilerin gelişmesi strüktürel dışavurumculuk hareketini ortaya çıkarmıştır [5]. Hareket, 1960'lı yıllarda başlamış ve 1970'lerden günümüze kadar gelerek 1980'lerde geç modernizm olarak bilinen mimari dönemde durmuştur. Birçok modernist yapı, strüktürel sistemlerini açık bir şekilde sergilemeye çalıştıklarından dolayı, açık bir strüktürel dışavurum özelliğine sahiptir. Ancak strüktürel dışavurumda yeni strüktürel sistemlerin ve yenilikçi yapı malzemelerinin rolünü vurgulamak için estetik kalite yeniden oluşturulmaya çalışılmıştır [6;7]. Bu şekilde strüktürel dışavurum, cephenin tasarımına egemen olmakta, binanın mimari ifadesiyle eş anlamlı hale gelmektedir. Bu dışavurum aynı zamanda, uluslararası üslup ve onun biçimciliği ile modern alandaki bir başka hareketle de tamamen uyumludur.

Strüktürel dışavurum kavramı ilk olarak yapısal malzeme ile beraber, eşsiz biçimlerin yaratılmasına uygun bir şekilde işlevsel bir yapı türü olan köprülerde ortaya çıkmıştır [8]. Köprü tasarımlarının çoğu, tarihsel olarak, estetiğe az veya hiç dikkat etmeyen strüktürel mühendislerin kontrolü altındaydı. Bununla birlikte, Robert Mailhart ve Cristian Menn gibi estetik açıdan duyarlı bazı mühendisler, köprünün doğal ortamlarında doğaya uygun estetik kaliteye sahip olması gerektiğini düşünmüşler ve yapısal işlevlerini sergileyerek dikkat çeken köprüler tasarlamaya başlamışlardır. John A. Roebling tarafından tasarlanan Brooklyn Köprüsü (1870) bu tür dışavurum özelliği gösteren bir köprüdür. **bknz Şekil 3.** Felix Candela ve Heinz Ishler, deniz kabuklarının

estetikinden ve takip ettikleri yapısal mantıktan ilham alarak hem zarafeti hem de gücü ortaya çıkarmışlardır. Benzer şekilde Pier Luigi Nervi, binaların yük atarımını görüntüleyen ve fiziksel çıkışlarla stres akışlarını eşleştiren tonozlu yapısal formlar da dahil olmak üzere bu yaklaşımı izleyen birçok farklı yapı tasarlamıştır. Bu strüktürel vizyonerler, yapıları işlevsel nesnelere olarak gören mekanik ve fiziksel kısıtlamaları sanatsal olarak yerine getirebilen sanat formları olarak görmektedir [8].



Şekil 3. Brooklyn Köprüsü, John A. Roebling, 1870 [28].

Başta köprüler olmak üzere, geniş açıklıklı strüktürler ve kuleler, geçmişte sanat eseri sayılabilecek çalışmalar olarak ön plana çıkmaktadır. 19. yy'dan itibaren yüksek yapıların kentlerde güç ve prestij sembolü sayılması ve daha fazla yükselme isteğinden kaynaklanan en yüksek yapıyı yapma yarışı, yüksek yapı strüktürel sistemlerinin gelişmesinde en önemli etkenlerden biridir [9].

Yüksek binalarda strüktürel dışavurum ifadesinin kökleri on dokuzuncu yüzyılda William Le Baron Jenney ve John Wellborn Root'un çalışmalarına dayanmaktadır. Her ikisi de mühendislik geçmişine sahip olmalarına rağmen Chicago'da mimar olarak çalışmışlardır. Her ikisi de Violette Duc tarafından tasarlanan ve etkilenen binaların görsel etkisiyle ilgilenmişlerdir. Jenney, Home Insurance Building'de iskelet çerçevesini kullanmış ancak duvar Romanesque canlandırma tarzında ki cepheyle kaplanmış olduğundan kullanılan sistem çok anlaşılmamıştır. Her ne kadar yapısal anlatım o zamanlar küçük küçük başlamış da olsa, onların projesi 1960'lar ve 1970'lerde üretilecek olan yeni formların habercisi idi [10;11].

Binalar yükseldikçe artan ağırlıkların mevcut strüktürel sistemle çözülemeyeceği, bu tür muazzam ve karmaşık yapılar için kullanılacak formun mimari işlevler ve estetikten ziyade sağlam mühendislik prensiplerinden üretileceği anlaşılmıştır. Başka bir ifadeyle, Louis Sullivan'ın mimarlık ilkesine dayanan form, işlevi takip etmelidir bakışı farklı bir perspektiften değerlendirilmiştir. Strüktürel sistemdeki kuvvet akışı formla belirlenmelidir. Böylece kuvvetler kontrol altına alınabilmektedir. Bu, işlevin formu izlediği anlamına gelmektedir [10].

Kavramı bir adım daha ileri götüren Khan, yüksek binaların yapısal sistemi dikey olarak ölçeklendiğinde, ağırlığının yarattığı yüklerin ve yüksek irtifalardan kaynaklanan artan rüzgârın katlanarak büyüdüğünü fark etti. Sonuç olarak Khan, ölçek etkisi üzerinde ayrıntılı çalışmalar yürütmüş ve yüksek binalarda çelik ve beton kullanımına yönelik yükseklik temelli yapısal sistem tablolarında devrimci gelişime yol açmıştır [12;11]). Khan, Chicago'daki Dewith Chestnut Apartmanı (1965) için geliştirdiği çerçeve sisteme ek olarak, ilk destekli çerçeve sistemini geliştirdi ve 1970 yılında Chicago's John Hancock Centre'da uyguladı [11]. **bknz Şekil 4.** Daha sonra çeşitli yenilikçi strüktürel sistemler, tasarımın önünü açarak tasarımcıların modern çağda birçok yüksek bina tarafından kullanılan geleneksel rijit çerçeve sistemden ayrılmasına neden oldu. Dewith Chestnut Apartmanı ve John Hancock Centre gibi yapılar strüktürel sistemlerini canlı bir şekilde çekici bir şekilde sergilemeleriyle strüktürel dışavurumculuğun örnekleri arasında yer almışlardır. Bu ve benzeri yapılarda, yer çekimi, rüzgâr ve depremlerin doğal güçlerine karşı olan yapısal eylem, yüksek yapı tasarımının önemli bir yönü haline gelmiştir[8].



Şekil 4. John Hancock Center, Fazlur Rahman Khan, 1969 [29].

Strüktürel dışavurumcu yapılar, özenle tasarlanan hassas detaylara, tasarımda esnekliğe ve optimum inşaat ekonomisine sahiptir. Tasarımın ana konsepti, binanın estetik ve sanatsal özelliğini ön plana çıkarmak için farklı strüktürel bileşenlerin kurgulanmasıdır. Çoğu zaman strüktürel bileşenler, mühendislik bilgisine dayanarak strüktürel sisteme yeni ve kararlı alternatifler sunmaktadır [27]. Strüktürel malzeme ve bileşenlerden işlevin gerekliliklerini yerine getirmesi beklenirken cephede sadece süsleme amaçlı kullanılması dışavurumcu bir tavır olarak görülmemektedir.

Strüktürel dışavurumcu yapılarda olması gerektiği varsayılan özellikler aşağıdaki gibi iki başlık altında incelenmektedir:

1. Strüktürel özellikler:

- a.Strüktürel elemanların içte ve dışta görünür olması [27],
- b.Strüktürel bileşenlerinin ortaya çıkarılması,
- c.Hafif ve endüstriyel malzeme kullanımı [27],
- d.Strüktürde basit geometrik formların seçilmesidir.

2. Mimari özellikler:

- a.Yapı dış tasarımında iç içe geçmiş bütünleşik formların kullanımı
- b.İç tasarımda esneklik,
- c.Şeffaf yüzeylerin oluşturulması
- d. Heykelsi dış görünüme ulaşmak
- e.Tek defaya özgü tasarımlar yapılmasıdır.

Strüktürel dışavurum konusunda yüksek yapılar irdelendiğinde yukarıdaki özellikler dikkate alınarak iki yüksek yapının dışavurumcu olup olmadıkları, ne kadar yakın oldukları veya hangisinin diğerine göre dışavurumculuğa daha yakın olduğuna karar vermek elde sayısal veriler olmadan her zaman kolay olmamaktadır. Bu nedenle karar vericinin işini sayısal verilerle kolaylaştırmak için Bulanık TOPSİS yöntemi tercih edilmiştir.

3. Bulanık Topsis Yöntemi

Karar verme, insan yaşamının her alanında karşılaşılabileceği bir seçim yapma eylemidir. Birçok seçenek arasından sınırlama yapmak veya tek bir seçeneğin belirlenmesinde karar vermek, sezgisel olabileceği gibi mantık ve deneyimlerle de gerçekleştirilmektedir [13].

Karar verme ve değerlendirme sürecinde ortaya konan hedefin birçok parametre ile belirlendiği ve değerlendirilecek alternatiflerin her birinin kendine özgü avantajlarının bulunduğu durumlarda karar verme işi oldukça güçleşmektedir. Bu nedenle, 1960'lı yıllarda tüm kriterlerin değerlendirilmesi amacıyla Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKVY) geliştirilmeye başlanmıştır. Çoğunlukla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri aşağıdaki gibidir [14]:

1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS),
2. Bulanık Mantık ve Bulanık Küme Yöntemi,
3. Analitik Bilgi Ağı Süreci (ABAS),
4. İdeal Çözüme Dayalı Sıralama Tekniği (TOPSIS),
5. Eleme ve Seçme Yöntemi (ELECTRE),
6. Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi (PROMETHEE),
7. Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm Yöntemi (VIKOR).

Bulanık karar vermenin ana çalışma alanı belirsizlik altında karar vermedir. Çünkü elimizde kriterlere, alternatiflere ve sonuçlara ilişkin sayısal değerler değil sözle ifade edilen dilsel değerler mevcuttur ve bu durum belirsizlik oluşturmaktadır. Bulanıklık, kararlardaki belirsizliği ifade etmektedir. Bir olayın olup olmadığıyla ilgilenmeyerek, hangi dereceye kadar olduğunu ölçmektedir. Bulanık mantık, insanın karar verme ve değerlendirme süreçlerini sadece sonuç odaklı planlamak yerine sonuca ulaşmak için kullanılan her adımı titizlikle işin içine katan bir yöntemdir.

3.1. Bulanık mantık ve bulanık küme teorisi

Bulanık mantık (fuzzy logic) ilk defa 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından geliştirilmiştir. Esası Bulanık Küme Teorisine dayanan Bulanık Mantık, mantık kurallarının esnek ve bulanık bir şekilde uygulanmasıdır. Bulanık Küme Teorisi, temelde insan düşünce ve algılarındaki belirsizlikle ilgilenir ve bu belirsizliği sayısallaştırmaya çalışır. Bu sayede bulanık mantık, insanın sağduyusuna dayanılarak akıl yürütülen durumların matematiksel olarak modellenebilmesine imkân tanır ve oluşturulan modelde her şey bir değer ile ifade edilebilir [15; 16].

3.2. Bulanık TOPSİS yöntemi

Çok kriterli karar verme problemlerinde en çok rastlanılan yöntemlerden birisi ilk kez 1981 yılında önerilen TOPSIS yöntemidir [17]. Bir doğrusal ağırlıklandırma tekniği olan TOPSIS yönteminin en önemli özelliği, bu yöntemde pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan en uygun çözümün belirlenmesidir. Bu mesafelerin iki yönlü olması ile sadece maksimize edilecek durumlar değil minimize edilmesi gereken durumlar da göz önünde bulundurulur ve buna göre en uygun seçim yapılır [18]. Bununla beraber, gerçek hayatta pek çok durumda değerlendirme yaparken sayısal değerler yetersiz kalabilir çünkü insan düşünce ve yargıları özellikle tercihler genellikle belirsizlik içerir. Bu nedenle TOPSIS yöntemi bulanık veriler kullanılabilecek şekilde geliştirilmiştir [19]. Bulanık TOPSIS yöntemi belirli bir ölçüt ya da ölçütlere göre belirsizlik altında alternatifleri değerlendirip sıralanmasına ve en doğru seçim yapılmasına yardımcı olan bir yöntemdir. Bulanık TOPSIS yönteminin uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir [20], [21]:

Adım 1: Uzman karar vericilerden bir grup oluşturulur. Karar vericilerin (KV) ardından ölçütler $K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$ ve ölçütlerin ardında da alternatifler $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ belirlenir. Alternatiflerin her bir kriter için değerlendirilmesinde ve kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde dilsel ifadeler kullanılır. Karar vericiler de, ölçütleri ve alternatifleri bu dilsel ifadelerle değerlendirirler. Bu dilsel ifadeler, pozitif üçgen bulanık sayılarla Tablo 3.1'de belirtildiği gibi ifade edilebilmektedir.

Adım 2: Karar vericilerin dilsel ifadeleri kullanarak yaptıkları değerlendirmeler, Tablo 1'de gösterilen ölçek üzerinden üçgen bulanık sayılara dönüştürülür. K tane karar vericinin olduğu varsayılan bir karar verici grubunda, ölçütlerin önemi (W_j) ve her ölçüt ile ilgili olarak her alternatifin değerlendirmesi (X_{ij}) aşağıdaki denklemler ile hesaplanır.

$$\begin{aligned} \hat{W}_j &= \frac{1}{K} [\hat{W}_j^1(+) \hat{W}_j^2(+) \dots (+) \hat{W}_j^K] \\ X_{ij} &= \frac{1}{K} [X_{ij}^1(+) X_{ij}^2(+) \dots (+) X_{ij}^K] \end{aligned} \quad (1)$$

Adım 3: Tüm alternatif ve kriterlerden oluşan bir bulanık çok kriterli karar verme problem matrisi (\tilde{D}) aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\check{D} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{12} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

X_{ij} ve W_j dilsel ifadeleri, üçgen bulanık sayılarla $X_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $W_j = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3)$ olarak tanımlanır.

Tablo 1. Ölçüt ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler

Ölçütlerin Önem Ağırlığını Belirlemede Kullanılan Dilsel İfadeler	Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler		
Çok Yüksek (ÇY)	(0.8,1,1,)	Çok İyi (Çİ)	(8,10,10)
Yüksek (Y)	(0.7,0.8,0.9)	İyi (İ)	(7,8,9)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5,0.65,0.8)	Biraz İyi (Bİ)	(5,6.5,8)
Orta (E)	(0.4,0.5,0.6)	Orta (E)	(4,5,6)
Biraz Düşük (BD)	(0.2,0.35,0.5)	Biraz Kötü (BK)	(2,3.5,5)
Düşük (D)	(0.1,0.2,0.3)	Kötü (K)	(1,2,3)
Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0.2)	Çok Kötü (ÇK)	(0,0,2)

Adım 4: Bulanık karar matrisi normalize edilir ve normalize edilmiş bulanık karar matrisi \check{R} ile gösterilerek aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\check{R} = [f_{ij}]_{m \times n} \quad (3)$$

B ve C elemanları, fayda ve maliyet kriterleri olmak üzere,

$$f_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j}, \frac{b_{ij}}{c_j}, \frac{c_{ij}}{c_j} \right), j \in B$$

$$f_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{b_j^-}{c_j}, \frac{c_j^-}{c_j} \right), j \in B \quad (4)$$

$$j \in B \text{ ise } *c_j = \max_{i \in B} c_{ij}$$

$$j \in B \text{ ise } a_j^- = \min_{i \in B} a_{ij}$$

Yukarıda bahsedilen normalizasyon yöntemi, özelliğini [0,1] aralığındaki normalize edilmiş üçgen bulanık sayılar için korumaktadır.

Adım 5: Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasının ardından her bir kriterin farklı ağırlığı göz önünde bulundurularak, ağırlıklı normalize edilmiş ve bulanık karar matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$\begin{aligned} \check{V} &= [\check{v}_{ij}]_{m \times n}, \\ i &= 1, 2, 3, \dots, m, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \\ \check{v}_{ij} &= f_{ij}(x) \hat{w}_j \text{ formülü ile hesaplanır.} \end{aligned} \quad (5)$$

Adım 6: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisine göre, elemanlar $\check{v}_{ij}^+, \check{v}_{ij}^-$ normalize edilmiş pozitif üçgen bulanık sayılar ve bunlar [0,1] kapalı aralığında olmaktadır. Bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS, A^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS, A^-) aşağıda belirtildiği gibi tanımlanır:

$$\begin{aligned} A^* &= (\check{v}_1^+, \check{v}_2^+, \dots, \check{v}_n^+) \\ A^- &= (\check{v}_1^-, \check{v}_2^-, \dots, \check{v}_n^-) \end{aligned} \quad (6)$$

Burada $j=1, 2, 3, \dots, n$ olmak üzere $\check{v}_j^+ = (1, 1, 1)$ ve $\check{v}_j^- = (0, 0, 0)$ olarak dikkate alınır.

Adım 7: Her bir alternatifin A* ve A- den uzaklıkları d_i^* ve d_i^- aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned} d_i^* &= \sum_{j=1}^n d(\tilde{V}_j, \tilde{V}_j^*), i = 1, 2, \dots, m \\ d_i^- &= \sum_{j=1}^n d(\tilde{V}_j, \tilde{V}_j^-), i = 1, 2, \dots, m \end{aligned} \quad (7)$$

Adım 8: Alternatiflerin sıralamasını belirlemek için her alternatife ait yakınlık katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır.

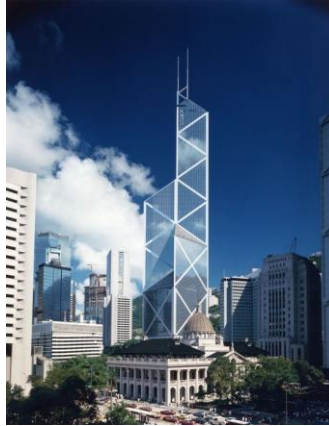
$$cci = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

Hesaplanan yakınlık katsayısına göre, alternatiflerin sıralaması belirlenerek en uygun olanı seçilir.

3.3. Örnek yüksek yapıların seçilmesi

Örnek olarak seçilen yapılar, Bank of China Kulesi ve Hong Kong & Şangay Bankacılık Şirketi (HSBC) Genel Merkezi Binası, strüktürel dışavurum konusunda literatürde adı geçen yüksek yapılar arasından seçilmiştir. Her ikisinin dönemi birbirine yakın görünmekle beraber, strüktürün dışarıdan algılandığı, strüktürel tasarım ve çağdaş malzeme kullanımı konusunda başarılı örneklerdir.

3.3.1. Bank of China Kulesi (1990), Hong Kong, Çin



Şekil 5. Bank of China Kulesi [30].

1990 yılında yapımı tamamlanan Bank of China Kulesi, 72 katlı ve 305 m yüksekliğinde Ieoh Ming Pei tarafından tasarlanmıştır. **bknz Şekil 5.**

Taşıyıcı sisteminde 4 adet köşe mega kolon ve bunları birleştiren mega çaprazlar olmasından dolayı kafes-tüp sistemin yanı sıra mega kolon, mega çerçeve veya uzay kafes sistem olarak da adlandırılmaktadır. Bank of China binası, kafes-tüp ve demet-tüpü çağrıştıran, mega kolonlu bir uzay kafes sistem görünümündedir [22].

Yapısal elemanların cephedeki formu plan düzleminden farklıdır. Üçüncü boyutta cephede ve mekanın içinde diagonal etki daha çok hissedilmektedir. Geometrik olarak kare kat planından azalarak üçgensel kat planıyla sonlanan yapı, fraktal bir düzen içerisinde yükselmektedir. Geometrik şekiller arasında en rijit davranışı üçgenler göstermektedir. Bu sebeple yapı üçgensel alanlara bölünmüş ve strüktür sistemiyle desteklenmiştir. Cephe yüzeyleri yükseklik boyunca düz bir şekilde devam etmemiş, üçgensel eğik yüzeylerle de tasarım kuvvetlendirilmiştir. Güçlü ve özgün strüktür düzeni biçimi oluşturmuş ve cephe yüzeyine sonradan herhangi bir süs öğesi eklenmesini gerektirmemiştir [23].

3.3.2. Hong Kong & Şangay Bankacılık Şirketi (HSBC) Genel Merkezi (1985), Hong Kong, Çin



Şekil 4.2. Hong Kong &Şangay Bankacılık Şirketi (HSBC) Genel Merkezi Binası [31]

1985’de yapımı tamamlanan HSBC binası Hong Kong’da 48 katlı ve 179 m yüksekliğinde Norman Foster tarafından tasarlanmıştır. **bknz Şekil 6.**

HSBC binası, ortasında bir atrium bulunan iki bölümden oluşmaktadır. Strüktürel sistem dörtlü çelik kolon gruplarından oluşmakta ve bu gruplar her katta kirişlerle birbirine bağlanmaktadır. Ayrıca 11, 20, 28, 35 ve 41, katlarda doğu-batı doğrultusunda iki kat yüksekliğindeki diyagonal bağlantılarla, kuzey-güney doğrultusunda da çapraz elemanlar ile bağlanmaktadır [24].

HSBC binasının modüler tasarımı üst üste getirilen prefabrike elemanlardan oluşmaktadır. Plan düzlemindeki dikdörtgen form, üçüncü boyutta parçalanarak strüktür sistemiyle bütünleşmiştir. Planda kullanılan 4’lü çelik kolon grupları ve cephedeki dört askı makasıyla desteklenen yapı, özgün strüktür sistemi ve cephe tasarımı ile kütle üzerinden okunabilmektedir. Strüktür sistemi ile bir bağ kurarak, doğu-batı cephelerine her katta üst üste tekrar edecek şekilde yerleştirilen servis mekânları monte edilmiştir. Cephe aynı zamanda servis mekanlarını bünyesinde taşımakta olup iç mekanda istenen serbestliğe olanak sağlamış ve servis sistemleri ömrünü doldurduğunda belli dönemlerde değiştirilmesine imkân tanıyan bir cephe yaklaşımı görülmektedir. Bakımlarını gerçekleştirmek amacıyla yerleştirilen kuleler ise kütleden algılanabilmektedir. Yapı kabuğunun kuzey-güney cepheleri, ofis mekânlarının doğal aydınlatmadan yararlanacak şekilde şeffaf tasarlanması ise strüktürel elemanların algılanmasını daha da kolaylaştırmıştır [23].

3.4. Değerlendirme ölçütlerinin belirlenmesi

Değerlendirme ölçütleri strüktürel dışavurumu en iyi ifade edeceği düşünülen strüktürel ve mimari özellikler dikkate alınarak seçilmiştir. **bknz Tablo 2.**

Tablo 2. Değerlendirme ölçütleri tablosu

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ	
Strüktürel ölçütler	Mimari Ölçütler
İçte ve dışta görünen strüktürel elemanlar: Strüktürün ve strüktürel elemanların dışarıdan görünmesi gerekmektedir.	Yapı dış tasarımında iç içe geçmiş bütünleşik formlar: Dış cephe tasarımında asal formlar ve onların biraraya getirilmesiyle oluşan bütünleşik formlar tercih edilmektedir.
Hafif ve endüstriyel malzeme: Özellikle strüktürel malzemenin (çelik, beton vb.) teknolojiye uygunluğu, üretim ve montajda kolaylık ve hafif olması beklenmektedir.	Şeffaf yüzeyler: Cephede strüktürel elemanların dışında kalan yüzeylerde şeffaflık gerekmektedir.
Strüktürde basit geometrik formlar: Strüktürel çözümlerde, rijitlik özelliği yüksek üçgen ve türevi asal formların kullanılması esastır.	Heyselsi dış görünüm: Kütle etkisinin tek defaya mahsus ve heykelsi bir görünümde olması beklenmektedir.

4. Bulanık TOPSİS Yönteminin Uygulanması ve Bulgular

Veri hazırlama: Strüktürel dışavurum açısından değerlendirmeye alınan Bank of China Kulesi (1990) ve Hong Kong & Şangay Bankacılık Şirketi (HSBC) (1985) çalışma alanını oluşturmuştur. Her iki yapı da yapım dönemi, malzeme ve dışavurum özellikleri açısından benzerlik gösteren yapılardır ancak hangisinin daha dışavurumcu olduğuna karar vermek için karar vericilerin görüşlerine başvurulmuştur. Bir mühendis ve bir yüksek mimardan oluşan karar vericilerden, belirtilen ölçütlerin ağırlıklarının belirlenmesi ve seçilen ölçütlere göre puanlama yapmaları istenmiştir. Karar vericilerin ölçüt değerlendirmeleri ve ağırlık belirlemeleri referans alınarak elde edilen değerler Bulanık TOPSİS yöntemiyle tespit edilmiştir.

Belirlenen ölçütler, tanımlar ve öncelikler Tabşo 3. performans ölçütleri tablosunda gösterilmiştir.

KATEGORİLER	KODLAR	PERFORMANS ÖLÇÜTLERİ
STRÜKTÜREL ÖLÇÜTLER	A1	İçde ve dışda görünen strüktürel elemanlar
	A2	Hafif ve endüstriyel mazleme
	A3	Strüktürde basit geometrik formlar
MİMARİ ÖLÇÜTLER	B1	Yapı dış tasarımında içice geçmiş bütünleşik formlar
	B2	Şeffaf yüzeyler
	B3	Heykelsi dış görünüm

Karar matrisinin normalleştirilmesi: TOPSİS yöntemine göre aşağıda tabloda gösterilen karar matrislerinin normalleştirilmesi süreci ile işe başlanacaktır. Karar matrisinin normalleştirilmesi; sütunlardaki her bir değer için ilgili sütundaki değerlerin kareleri toplamının kareköküne bölünüp tek paydaya indirgenmesi suretiyle bulunur.

Karar vericiler tarafından ölçütlerin ağırlık oranları belirlenmiş ve puan değerlendirmeleri alınarak Tablo 4'de görülen şekilde karar matrisi oluşturulmuştur

	STRÜKTÜREL ÖLÇÜTLER			MİMARİ ÖLÇÜTLER		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3
AĞIRLIK W	0,3	0,2	0,15	0,1	0,15	0,1
BANKNOF CHINA	85	80	75	45	55	75
HONGKONG HSBC	70	65	65	40	50	35

	A1	A2	A3	B1	B2	B3
BANKNOF CHINA	0,77193	0,77611	0,755689	0,747409	0,73994	0,906183
HONGKONG HSBC	0,635707	0,63059	0,654931	0,664364	0,672673	0,422885

Normalleştirilmiş karar matrisinin ağırlıklandırılması: Standart matris kriterleri ağırlık katsayıları (W) ile çarpılarak her bir kriterin ağırlıklandırılmış karar matrisi hesaplanır. Kriterlerin ağırlık değerleri karar alıcı tarafından belirlenir. **bknz Tablo 6.**

	A1	A2	A3	B1	B2	B3
BANKNOF CHINA	0,231579	0,15522	0,113353	0,074741	0,110991	0,090618
HONGKONG HSBC	0,190712	0,12612	0,09824	0,066436	0,100901	0,042289

Pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi: Ağırlıklı karar matrisinde her sütundan ideal çözüm için ideal ve negatif ideal çözüm için negatif ideal değerler seçilerek ideal ve negatif ideal çözüm setleri (İÇS) oluşturulur. Tablo 7’de pozitif ve negatif ideal çözüm setleri gösterilmektedir. Bu çalışmada A ölçütleri ideal B ölçütleri ise daha az ideal olarak alınmıştır.

V+	0,231579	0,15522	0,113353	0,066436	0,100901	0,042289
V-	0,190712	0,12612	0,09824	0,074741	0,110991	0,090618

Uzaklık değerlerinin hesaplanması ve performans sonuçları: Her kritere ait olan sütundaki değerlerden pozitif ideal ve negatif ideal değerler çıkarılarak pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklık değerleri belirlenir. **bkz Tablo 8.**

	S+	S-	P
BANKNOF CHINA HONGKONG	0,0501	0,0524	0,5114
HSBC	0,0524	0,0501	0,4886

	p	oran	sıralama
BANKNOF CHINA	0,5114	51,14%	1
HONGKONG HSBC	0,4886	48,86%	2

Yapılan hesaplamalar sonunda Bank of China Kulesi’nin birinci olduğu görülmüştür. **bkz Tablo 9.** Yapıldıkları dönem ve strüktürel dışavurum olma özellikleri birbirine yakın olmasına rağmen karar vericiler tarafından, strüktürel ve mimari ölçütler bağlamında yapılan değerlendirmede Bank of China Kulesi, Hong Kong & Şangay Bankacılık Şirketi (HSBC) Genel Merkezi Binasına göre ön plana çıkmıştır.

5. Tartışma ve Sonuç

Bulanık TOPSİS yöntemiyle yapılan değerlendirmede Bank of China Kulesi %51.14 değerini alırken Hong Kong & Şangay Bankacılık Şirketi (HSBC) Genel Merkezi Binası %48.86 değerini almıştır. Bu değerlerin belirlenmesinde, karar vericilerin strüktürel ölçütleri daha ideale yakın ve mimari ölçütleri ise daha az ideale yakın olarak görmeleri etkili olmuştur. Bu durumda, Bank of China Kulesi strüktürel dışavurum özellikleri açısından daha başarılı bulunmuştur.

Strüktürel dışavurum konusunda belirlenen strüktürel ölçütler (A) mimari ölçütlere (B) göre daha yüksek değerler alarak daha ön plana çıkartılmıştır. Bank of China Kulesi’nde strüktürel ölçütlerden içte ve dışta görünen strüktürel elemanlar (A1), diğer ölçütlere göre en yüksek puanı, strüktürde basit geometrik formlar (A3) ise en düşük puanı almıştır. Hong Kong & Şangay Bankacılık Şirketi (HSBC) Genel Merkezi’nde ise hafif ve endüstriyel malzeme (A2) ve strüktürde basit geometrik formlar (A3) eşit değer almışlardır. Mimari ölçütlerden en yüksek puanı Bank of Chinada heykelsi dış görünüm (B3) alırken, Hong Kong & Şangay Bankacılık Şirketi (HSBC) Genel Merkezi’nde yapı dış tasarımında içi içe geçmiş bütünleşik formlar (B1) ilk sırayı almıştır.

Buna göre strüktürel dışavurum konusunda strüktürün tavrı önemli olmaktadır. Çağdaş malzemeye, daha anlaşılabilen basit formlarla ve strüktürün işlevine uygun şekilde tasarlanması ve dışarı yansıtılması durumu dışavurumcu tavrın ana konseptini oluşturmakta ve yeni nesil yapılara ilham kaynağı olmaktadır.

Kaynakça

- [1] Eczacıbaşı Ansiklopedisi, (1997). S:451.
- [2] Alemdar, H.K. (2011). Ekspresyonizm Kavramı ve Mimarlıkta Ekspresyonizm’in Frank Gehry Bağlında İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [3] Özer, F. (2009). Sözlü Bilgi, Evaluation of Industrial Design Ders Notları, İstanbul.

- [4] Santomaso, E. (1972). *Origins and Aims of German Expressionist Architecture*, Columbia University, s: 9-37.
- [5] Beedle, L.S., Ali, M.M. and Armstrong, P.J. (2007). *The Skyscraper and the City: Design, Technology, and Innovation*, Books 1 and 2, The Edwin Mellen Press, Lewiston, NY.
- [6] Ali, M.M. and Armstrong, P.J. (1995). *Architecture of Tall Buildings*, Council on Tall Buildings and Urban Habitat Monograph, McGraw-Hill, New York, NY.
- [7] Curtis, W. (1996). *Modern Architecture Since 1990*, London, UK: Phaidon Press.
- [8] Al-Kodmany, K. And Ali M. (2016). *An Overview of Structural & Aesthetic Developments in Tall Buildings Using Exterior Bracing & Diagrid Systems*, International Journal of High Rise Buildings Volume 5 Number 4, December 272-273.
- [9] Şimşek, S. (2018). *Yüksek Yapılarda Strüktürel Sanat ve Mimari Biçimlenme Yönelik Bir Tasarım Modeli*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Billington, D.P. (1983). *The Tower and the Bridge: The New Art of Structural Engineering*, Princeton University Press, Princeton, N
- [11] Ali, M.M. (2001). *Art of the Skyscraper: The Genius of Fazlur Khan*, Rizzoli International Publications, New York, NY.
- [12] Khan, F.R. (1969). "Recent Structural Systems in Steel for High Rise Buildings", Proceedings of the BCSA Conference on Steel in Architecture, London, England, November 24-26.
- [13] Aytaç, M. & Gürsakal, N. (2015). *Karar Verme*, Bursa: Dora Basım.
- [14] Sürmeli, G. (2013). *Lojistik Merkezi Seçimine Yönelik Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Modeli: Doğu Anadolu Bölgesi İçin Bir Uygulama*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [15] Zadeh, L.A. (1965). "Fuzzy Sets", *Information and Control*, 8:338-353.
- [16] Zadeh, L.A. (1968). "Fuzzy Algorithms", *Information and Control*, 12:94-102.
- [17] Hwang, C.L., Yoon, K. (1981). *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*, Springer, Berlin Heidelberg.
- [18] Özdemir A.I., Secme N.Y. (2009). "İki Aşamalı Tedarikçi Seçiminin Bulanık Topsis Yöntemi ile Analizi", *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F Dergisi*, C. X I, S II, 79-111.
- [19] Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh, L.F., Izadikhah, M. (2006). "Extension of the TOPSIS method for Decision Making Problems with Fuzzy Data", *Applied Mathematics and Computation*, 181(2), 1544-1551.
- [20] Chen, C.T. (2000). "Extensions of the Topsis for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment", *Fuzzy Sets and Systems*. 114, pp.1-9.
- [21] Tekez, E.K. ve Bark, N. (2016). *Mobilya sektöründe bulanık TOPSIS yöntemi ile tedarikçi seçimi*, SAÜ Fen Bil Der 20. Cilt, 1. Sayı, s. 55-63.
- [22] Günel, M. H., Ilgın H. E. (2010). *Yüksek binalar: taşıyıcı sistem ve aerodinamik form*, Ankara: ODTÜ Mimarlık Fakültesi, 29, 30-37, 39-43, 48-52, 55-56, 76-77, 85, 114, 118, 146-148, 154.
- [23] Kozan, F. (2016). *Yüksek Yapılarda Cephe Biçimlenmesini Etkileyen Taşıyıcı Elemanların Strüktürel Analizi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.9.
- [24] Özgen, A., Sev, A. (2000). *Çok katlı yüksek yapılarda taşıyıcı sistemler*, İstanbul: Birsan Yayınevi, 22-23, 61-63, 244-245.
- [25] Einstein Kulesi, <https://www.arkitektuel.com/einstein-kulesi/> (Erişim tarihi, 06.01.2019)
- [26] Cam Pavyon, Bruno Taut, <http://v3.arkitera.com/v1/gununsorusu/2002/10/08.htm> (Erişim 06.01.2019)

- [27] Structural Expressionism <http://dnr.alaska.gov/parks/oha/styleguide/structuralexpressionism.htm>
(Erişim tarihi, 06.01.2019).
- [28] Brooklyn Köprüsü, https://tr.wikipedia.org/wiki/Brooklyn_Köprüsü(Erişim tarihi, 06.01.2019).
- [29] John Handcock Tower, <http://spring2018.thedude.oucreate.com/page/80/> (Erişim tarihi, 06.01.2019).
- [30] Bank Of China, [http://en . wikipedia.org/Bank of China](http://en.wikipedia.org/Bank_of_China) (Erişim tarihi, 06.01.2019).
- [30] Hong Kong- HSBC, [http://en . wikipedia.org/Hong Kong-HSBC](http://en.wikipedia.org/Hong_Kong-HSBC) (Erişim tarihi, 06.01.2019).