

Kentsel Dönüşüm Kapsamında Müteahhit Firmanın SWARA – Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Seçilmesi Selecting Contractor Company in Urban Transformation Using SWARA - Gray Relationship Analysis Method

Engin Çakır¹

Öz

6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanununun (Kentsel Dönüşüm Kanunu - KDK) yürürlüğe girmesinin ardından ekonomik ömrünü tamamlamış, depremlerde hasar görmüş binalar yeniden inşa edilebilmektedir. Çevre ve şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından lisanslandırılan kurum ve kuruluşlara mülk sahibi / sahipleri tarafından yaptırılacak risk tespitinin ardından, binanın riskli olması durumunda bina yıkımına gidilmektedir. Yıkım sonrası yeni bina inşası için müteahhit firmanın seçiminde paydaşların en az üçte iki çoğunlukla alacakları karar geçerli olmaktadır. Müteahhit firmanın seçim işlemi ise, çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada amaç, kentsel dönüşüm kapsamında yıkımı gerçekleştirilen riskli bina yerine, yeni binayı inşa edecek müteahhit firmanın SWARA temelli Gri İlişkisel Analiz yöntemiyle seçilmesidir. Örnek uygulamada, 5 katlı ve 10 daireli bir binanın riskli yapı olduğu tespit edilerek, ÇŞB tarafından yıkılmasına karar verilmiştir. Arsa paydaşları tarafından, yıkım sonrası yeni binayı inşa edecek müteahhit firmanın seçimi için kriterler belirlenmiş ve alternatif müteahhitlerin seçiminde ise uzman desteğinden faydalanılmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılması SWARA yöntemiyle yapılmış, alternatif müteahhitler ise Gri İlişkisel Analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Böylece, paydaşların kendi belirledikleri kriterler çerçevesinde, maksimum fayda ve getiriye sağlayan müteahhit firma seçilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kentsel Dönüşüm, Müteahhit Seçimi, SWARA Yöntemi, Gri İlişkisel Analiz Yöntemi

Abstract

After the Law No. 6306 on the Transformation of Areas Under Disaster Risk (Law on Urban Transformation) has entered into force, the buildings which have been damaged by the earthquakes and completed its economic life can be reconstructed. In case that the building is found to be under the risk following the risk assessment to be carried out by the institutions and organizations, licensed by the Ministry of Environment and Urbanization (MEU), upon request of the owner/ owners of the property, the building can be demolished. The resolution to be taken by at least two-thirds majority of stakeholders will be valid for the selection of the contracting firm for construction of new building after its demolition. We encounter with the selection of the contracting firm as a problem of multi-criteria decision making (MCDM).

The purpose of this study is to select the contracting firm, which will construct the new building in the place of the building under the risk that has been demolished under the urban transformation, by using SWARA-based Gray Relationship Analysis method. In the sample application; a-5-storey building with 10 houses was found to be the risk building and MEU decided to demolish that building. The stakeholders of land determined the criteria on the selection of the contracting firm to construct the new building following the demolition of the building and alternative contracting firms by utilizing the support of experts. The weighting of the criteria was performed by using SWARA method and the alternative contracting firms were assessed by Gray Relationship Analysis method. Thus, the contracting firm providing maximum benefits and yield was selected within the scope of the criteria set out by the stakeholders.

Keywords: Urban Transformation, Contractor Selection, SWARA Method, Gray Relationship Analysis Method

¹ Yrd.Doç.Dr., Adnan Menderes Üniversitesi Nazilli İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, engincakir@adu.edu.tr

Giriş

Kentsel dönüşüm, bir kentin tümünün ya da belli kesimlerinin değişmekte olmasını, başka bir biçime girmesi olarak tanımlanmıştır (Keleş, 2004). İncedayı (2004) ise, kentsel dönüşümü birçok etmene bağlı olarak yaşamın her anında ve alanında gerçekleşen, sürekli değişim özelliğine sahip bir süreç olduğundan bahsetmiştir. Çalal (2016)'a göre kentsel dönüşüm, kamu, özel sektör ve halk katılımını savunan, yoksul bölgelerin ıslah edilmesine ve yapı-çevre-donatı üçlüsünün iyileştirilmesine çalışan, kişilerin yaşam mekânlarının yanında ticaret ve sanayi sayesinde ekonominin de ilerlemesini amaç edinen; ayrıca, kent merkezlerini, günümüz yaşamına uyum sağlayabilecek niteliğe dönüştürebilmek için geliştirilmiş bir plânlama çalışmasıdır.

Mevcut haliyle depreme dayanıklı olmayan, ekonomik ömrünü tamamlamış binaların yerine depreme dayanıklı ve modern binalara dönüştürülebilmesi için 31.05.2012 tarihinde 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun (Kentsel Dönüşüm Kanunu) çıkarılmıştır. Kentsel Dönüşüm Kanununun imkânlarından da faydalanılarak, risk taşıyan binalar yıkılmakta, mevcut arsa üzerine yeni bina inşa edilebilmektedir. Kentsel dönüş kapsamında yıkılan bina yerine, yeni binayı inşa edecek müteahhit firmanın seçim işlemi ise, çok kriterli karar verme problemidir.

Literatürde, müteahhit seçimini çok kriterli karar verme yöntemleri ile yapan çalışmalara rastlamak mümkündür. Ancak, paydaşların arsa payı oranında kararlara etkisinin olması; çok kriterli karar verme yöntemleri arasında yeni bir yöntem olarak karşımıza çıkan SWARA ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi bu çalışmayı diğer çalışmalardan farklı kılmaktadır.

Çalışmada, öncelikle çalışmanın amacı ve öneminden bahsedilmiş; daha sonra çalışmada kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden SWARA ve Gri İlişkisel Analiz yöntemleri hakkında bilgilere yer verilmiştir. Son olarak, Aydın ili Nazilli ilçesinde kentsel dönüşüm ilkeleri ile yıkım işlemi yapılan 5 kat 10 dairesel bina için uygulama çalışmasına yer verilmiştir.

1. Çalışmanın Amacı ve Yöntemi

Çalışmada, kentsel dönüşüm kapsamında yıkımı gerçekleştirilen bina yerine yaptırılacak olan yeni binanın yapım işini üstlenecek müteahhitin, çok kriterli karar verme yöntemleri ile seçilmesi amaçlanmıştır. Bunun için, çok kriterli karar verme yöntemleri arasında çok daha yeni bir yöntem olarak karşımıza çıkan SWARA (A Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmış, Gri İlişkisel Analiz yöntemi ile alternatif müteahhitler değerlendirilmiştir. SWARA yönteminin basit ve hızlı bir yöntem olması, paydaşlardan bilgi alma konusunda kolaylıklar sağlamıştır.

Çalışmanın, kentsel dönüşüm kapsamında yapım işini üstlenecek müteahhitin seçimi konusunda literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, paydaşların arsa payları oranında, kararlarda etkilerinin bulunması nedeniyle, bu ve benzeri yöntemlerin kullanılması, daha adil kararların alınmasını da sağlayacaktır.

2. Literatür İncelemesi

Yöneticilerin en temel problemi, doğru ve zamanında karar vermektir. İşletmelerde alt, orta ve üst kademe yöneticileri, kısa, orta ve uzun dönemde stratejik, taktik ve operasyonel birçok karar vermek durumundadır. Doğru ve zamanında karar verebilmek işletmeye önemli avantajlar sağlar. Ancak bu kararların alınması o kadar kolay olmayabilir. Bu konuda yöneticilerin eğitimi, tecrübesi ve danıştığı çevrelerin yanında, karar vermede kullandıkları yöntemleri doğru seçmesi ve uygulaması da oldukça önemlidir (Gavcar ve diğerleri, 2011).

Karar verme, karar organının değişik seçeneklerle karşı karşıya bulunduğu durumlarda, bu seçenekler arasından amaca en uygun olanını seçmedir (Tekin, 2008). Bir kararın iyi veya kötü olması, erişilebilen verilere, muhtemel alternatiflere ve karar vermek için kullanılan yol/yöntem/kriterlere bağlıdır (Timor, 2010). Karar

verme süreci ise, Şekil 1’de özetlenen adımlar izlenerek yürütülür (Erdem, 2013; Hillier ve Lieberman, 2001).



Şekil 1: Karar Verme Süreci

Günümüzde gerek bireysel gerekse daha büyük ölçekli kararlar almak zorunda olan insanlar, aldıkları kararlarda birden fazla kriteri dikkate alarak hareket etmek durumundadır. Çok kriterli karar verme; yönetim, matematik, psikoloji, enformatik, ekonomi ve sosyal bilimler gibi birden çok disiplinin bir araya gelip karar alıcıya birden fazla boyutla karar problemini değerlendirme ve karar alma imkânı sağlayan yöntemlerin bir araya getirildiği bir yapıdır (Yıldırım ve Önder, 2014).

Bu çalışmaya konu olan müteahhit (yüklenici) seçiminin de çok sayıda kriter dikkate alınarak karar verilmesi gereken bir durum olması nedeniyle; çok kriterli karar verme yöntemleri ile bu seçim işlemi yapılabilir. Tablo 1’de, müteahhit seçiminde kullanılan ÇKKV yöntemleri ile ilgili bazı çalışmalara yer verilmiştir.

Tablo 1: Müteahhit Seçiminde Kullanılmış ÇKKV Yöntemleri

Kaynakça	Çalışma İçeriği
Topçu, 2004	Ön yeterlik Skoru Yöntemi
Köseokur, 2007	Yapay Sinir Ağları
Ulubeyli, 2008	Bulanık Çok Kriterli Karar Verme
Juan vd., 2009	Bulanık Küme Teorisi ve Kalite Fonksiyon Göçerimi (QFD)
Juan, 2009	Veri Zarflama Analizi ve Durum Tabanlı Çıkarıma
Cristóbal, 2012	TOPSIS, VIKOR
Ramezaniyan vd., 2012	Bulanık VIKOR VE Analitik Hiyerarşi Prosesi
Çiftçioğlu, 2013	Analitik Hiyerarşi Prosesi
Forghani ve Izadi, 2013	SWOT Analizi, Bulanık Mantık, VIKOR, TOPSIS
Kaplan, 2014	Genetik Algoritma ve Monte Carlo Simülasyonu
Acar, 2014	Analitik Ağ Prosesi
Rashvand vd., 2015	Analitik Ağ Prosesi
Ulubeyli ve Kazaz, 2016	Bulanık Küme
Görener ve Sabuncuoğlu, 2016	Analitik Hiyerarşi Prosesi ve TOPSIS

Literatürde çok sayıda, çok kriterli karar verme yöntemine rastlamak mümkündür. Bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden SWARA ve Gri İlişkisel Analiz yöntemleri tercih edilmiştir.

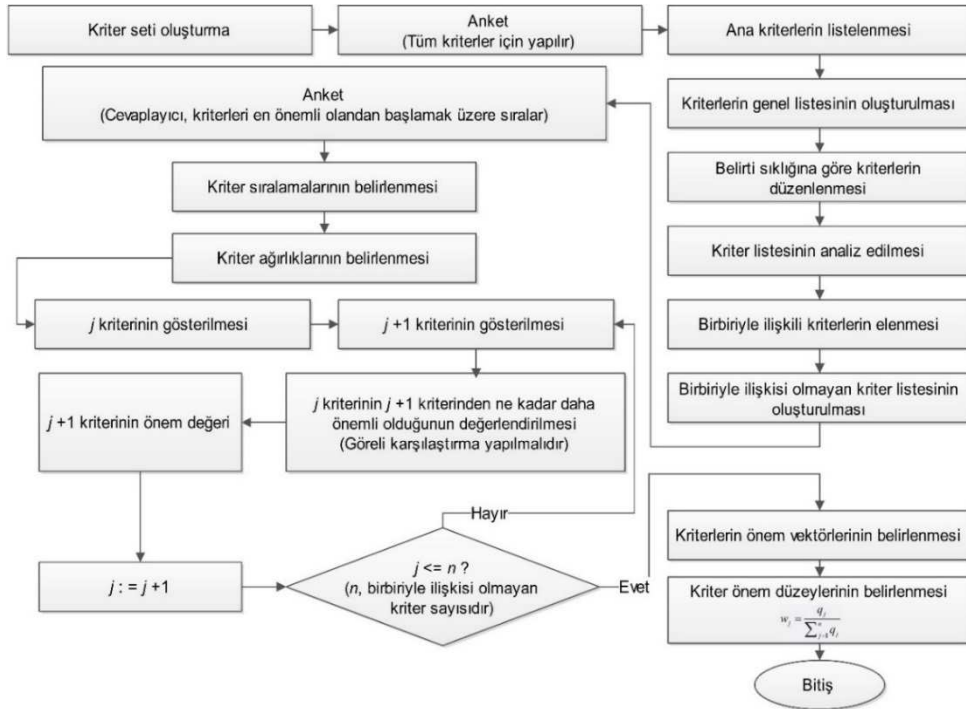
2.1. SWARA Yöntemi

Kriter ağırlıklandırma yöntemleri arasında yer alan ve son zamanlarda sıklıkla kullanılmaya başlanan SWARA’nın açılımı “Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis”dır ve dilimizde “Adım Adım Ağırlık Değerlendirme Oran Analizi” olarak kullanılabilir. SWARA yöntemi ilk olarak Keršulienė, Zavadskas ve Turskis (2010) tarafından ortaya konulmuştur. SWARA yöntemi ile ilgili literatür incelendiğinde Tablo 2’de gösterilen birçok problemin çözümünde kullanıldığı bilgisi ile karşılaşılmıştır.

Tablo 2: SWARA Yöntemi Literatür Taraması

Kaynakça	Çalışma İçeriği
Keršulienė ve diğerleri, 2010	Uyuşmazlık çözümü
Keršulienė ve Turskis, 2011	Mimar seçimi
Zolfani, Esfahani, Bitarafan, Zavadskas ve Arefi, 2013	Optimal mekanik havalandırma alternatifinin seçimi
Alimardani, Zolfani, Aghdaie ve Tamošaitienė, 2013	Tedarikçi seçimi
Zolfani, Zavadskas ve Turskis, 2013	Ürün dizaynı
Aghdaie, Zolfani ve Zavadskas, 2013	Makine parçası seçimi
Zolfani ve Saparuskas, 2013	Enerjide sürdürülebilirliği değerlendirme göstergeleri
Zolfani ve Banihashemi, 2014	Personel seçimi
Zolfani ve Bahrami, 2014	Yatırım önceliklendirme
Vafaeipour, Zolfani, Varzandeh, Derakhti ve Keshavarz, 2014	Güneş enerji santrallerinin kurulacağı bölgenin seçimi
Aghdaie, Zolfani ve Zavadskas, 2014a	Tedarikçi kümeleme ve sıralama

Aghdaie, Zolfani ve Zavadskas, 2014b	Satış şubesi seçimi
Dehnavi, Aghdam, Pradhan ve Morshed Varzandeh, 2015	Bölgesel heyelan tehlikesinin değerlendirilmesi
Nezhad, Zolfani, Moztaarzadeh, Zavadskas ve Bahrami, 2015	Ar-ge projesi seçimi
Karabasevic, Stanujkic, Urosevic ve Maksimovic, 2015	İşe alınacak maden mühendisi adaylarının seçimi
Stanujkic, Karabasevic ve Zavadskas, 2015	Paket tasarımı seçimi
Karabasevic, Stanujkic, Urosevic ve Maksimovic, 2016	Personel seçimi
Karabasevic, Paunkovic ve Stanujkic, 2016	Sosyal sorumluluk alma düzeylerine göre işletme seçimi
Tuş Işık ve Aytaç Adalı, 2016	Otel seçimi
Shukla, Mishra, Jain ve Yadav, 2016	ERP sistemi seçimi
Çakır, 2016	Müteahhit seçimi
Yazdani, Zavadskas, Ignatius ve Abad, 2016	Malzeme seçimi
Çakır, 2017	CNC makine seçim kriterlerinin önem düzeylerinin belirlenmesi



Şekil 2: SWARA Yöntemi ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi (Keršulienė ve Turskis, 2011)

Şekil 2’de, SWARA yöntemi ile yapılan kriter ağırlıklandırma işleminin geniş çaplı iş akışı görülebilir. Yöntemde değerlendirmeye alınacak kriterlerin (Şekil 2’deki “Birbiriyle ilişkisi olmayan kriter listesinin oluşturulması” adımı) belirlenmesi durumunda ise, aşağıda yer alan 5 adımda kriter ağırlıkları belirlenebilmektedir.

Adım 1: Kriterler en önemliden başlamak üzere sıralanır.

Adım 2: İkinci kriterden başlayarak, her bir kriter için görelî önem düzeyleri belirlenir. Bunun için, j kriteri ile bir önceki kriter ($j-1$) karşılaştırılır. Kerseliene vd. (2010), bu orana “ortalama değer karşılaştırmalı önemi” olarak adlandırmışlar ve s_j simgesi ile göstermişlerdir.

Adım 3: Katsayı (k_j) aşağıdaki eşitlikle belirlenir:

$$k_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ s_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad (1)$$

Adım 4: Önem vektörü q_j , aşağıda yer alan eşitlikle hesaplanır:

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{x_{j-1}}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad (2)$$

Adım 5: Kriterlere ait ağırlıkların (w_j) hesaplama işlemi ise, aşağıdaki eşitlikle sağlanır:

$$w_j = \frac{q_j}{\sum_{k=1}^n q_k} \quad (3)$$

$w_{j,j}$ kriterinin göreceli önemini göstermektedir.

2.2. Gri İlişkisel Analiz Yöntemi

Gri İlişkisel Analiz dinamik süreç gelişiminde faktörler arasındaki benzerlik ve farklılıkları araştıran bir sayısal analiz yöntemidir. Literatürde alternatiflerin değerlendirildiği birçok çalışmada gri ilişkisel analiz yönteminin tercih edildiğini görmek mümkündür. Tablo 3'de gri ilişkisel analiz yöntemi ile ilgili literatür incelemesine yer verilmiştir.

Tablo 3: Gri İlişkisel Analiz Yöntemi Literatür İncelemesi

Kaynak	Çözüm
Wu, 2002	Alternatif olarak ele alınan teknik ölçümlerinin yapılması
Lin ve Ho, 2003	Kimyasal-Mekanik cilalama süreci parametrelerinin değerlendirilmesi
Fung, 2003	Enjeksiyon kalıplama işlemi parametrelerinin optimizasyonu
Tsai, Chang ve Chen, 2003	Satıcı değerlendirme
Chang, Tsai ve Chen, 2003	Dekatlon yarışmasında atletlerin elde ettiği puanların değerlendirilmesi
Tosun, 2006	Optimum parça işleme parametrelerinin belirlenmesi
Üstünişik, 2007	Türkiye'deki sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması
Kung ve Wen, 2007	Finansal performansın değerlendirilmesi
Chan ve Tong, 2007	Malzeme seçimi
Lu, Lin ve Lewis, 2008	Motorlu araçlarda enerji tüketiminin analizi
Çaydaş ve Hasçalık, 2008	Optimum lazer kesme parametrelerinin belirlenmesi
Kuo, Yang ve Huang, 2008	Tesis yerleşimi
Tzeng, Lin, Yang ve Jeng, 2009	CNC torna işlemi parametrelerinin optimizasyonu
Chen ve Ou, 2009	Bozulabilir gıda için satış tahmin modeli
Zhai, Khoo ve Zhong, 2009	Ürün geliştirmede tasarım kavramının değerlendirilmesi
Lin, Lee ve Chang, 2009	Uzman tanı modeli
Yılmaz ve Güngör, 2010	Tornalama parametrelerinin optimizasyonu
Lee ve Lin, 2011	Ofis binalarının enerji performansının değerlendirilmesi ve sıralanması
Uçkun ve Girginer, 2011	Türkiye'deki bankaların performanslarının değerlendirilmesi
Peker ve Baki, 2011	Türk sigortacılık sektöründe performans ölçümü
Sarucan, Baysal, Kahraman ve Engin, (2011)	Yenilenebilir elektrik üretim teknolojilerinin seçimi
Sumrit, Anuntavoranich ve Vadhanasindhu, 2012	Dış teknoloji inovasyon elde etme biçiminin seçimi
Çakmak, Baş ve Yıldırım, 2012	Üretim hatalarının incelenmesi
Goyal ve Grover, 2012	İleri üretim sistemlerinin sıralanması
Sofyalıoğlu ve Öztürk, 2012	Öncelikli hata türlerinin belirlenmesi
Hasani, Tabatabaei ve Amiri, 2012	Eğirme ipliklerinin optimum proses parametreleri
Saha ve Mandal, 2013	Torna işleme parametrelerinin optimizasyonu
Wang, Hsieh ve Sie, 2014	Tayvan misafirlik şirketlerinin performanslarının değerlendirilmesi
Rajesh ve Ravi, 2015	Esnek tedarik zincirlerinde tedarikçi seçimi
Hepsen ve Yıldırım, 2015	Latin Amerika ve Karayipler ekonomilerin sıralaması
Senger ve Albayrak, 2016	Personel Değerlendirme
Das, Mishra, Chaubey ve Singh, 2016	İmalat süreci parametrelerinin optimize edilmesi
Hua ve diğerleri, 2016	Bitkisel ilaç bileşenlerinin belirlenmesi
Yan ve diğerleri, 2016	Su kalite indeksinin iyileştirilmesi
Yan, Li, Zhao, Zhang ve Zhao, 2016	Enerji tasarrufu için makine ve kesme parametrelerinin optimizasyonu
Vijaya, Sharavanan ve Jeykrishnan, 2017	CNC makinesinin delme işlem parametrelerinin optimizasyonu
Anh, Nguyen, Lee ve Shin, 2017	Yüksek çözünürlüklü iletken hatlarının basılması
Hussain, Arain ve Malik, 2017	Çoklu iplik özelliklerinin optimizasyonu

Gri İlişkisel Analiz yöntemi altı adımdan oluşur. Bu adımlar şu şekildedir :

1. Adım: Başlangıç karar matrisi oluşturulur. Karar matrisinde m sayıda alternatif, n sayıda kriter olduğu varsayılır.

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_1(2) & \vdots & x_1(n) \\ x_2(1) & x_2(2) & \vdots & x_2(n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_m(1) & x_m(2) & \dots & x_m(n) \end{bmatrix} \quad (4)$$

Burada $x_i(j)$, i 'inci alternatif dizisinde j 'inci kritere karşılık gelen değeri ifade eder.

2. Adım: Burada referans serisi ve karşılaştırma matrisi oluşturulur. Referans seri ideal bir alternatifin kriterlerde alacağı değerler ortaya konularak oluşturulabilir ya da mevcut alternatifler arasında, her bir kriter için en iyi skorların kullanılması ile belirlenebilir . Bir önceki adımda oluşturulan karar matrisindeki ilk satıra referans serisi eklenerek karşılaştırma matrisine ulaşılır.

$$x^*_0(j) = \max_{i=1}^n \{x^*_i(j)\} \quad (5)$$

$$x^*_0(j) = \{x^*_0(1), x^*_0(2), \dots, x^*_0(n)\} \quad (6)$$

3. Adım: Bu adımda verilerin tekdüze hale getirilebilmesi için normalizasyona tabi tutulması gerekmektedir. Normalizasyon işlemi kriterlerin özelliğine göre üç farklı biçimde yapılmaktadır.

“En büyük değerın katkısı daha iyi” için normalizasyon işleminde,

$$x^*_i(j) = \frac{x_i(j) - \min_j [x_i(j)]}{\max_j [x_i(j)] - \min_j [x_i(j)]} \quad (7)$$

eşitliğinden yararlanılır.

“En küçük değerın katkısı daha iyi” için normalizasyon işleminde,

$$x^*_i(j) = \frac{\max_{i=1}^n [x_i(j)] - x_i(j)}{\max_{i=1}^n [x_i(j)] - \min_{i=1}^n [x_i(j)]} \quad (8)$$

eşitliğinden yararlanılır.

“İdeal değerın katkısı en iyisi” için $\min_{i=1}^n [x_i(j)] \leq x_{idl}(j) \leq \max_{i=1}^n [x_i(j)]$ şartını sağlamak koşulu ile normalizasyon işleminde,

$$x^*_i(j) = 1 - \frac{|x_i(j) - x_{idl}(j)|}{\max\{\max_{i=1}^n [x_i(j)] - x_{idl}(j); x_{idl}(j) - \min_{i=1}^n [x_i(j)]\}} \quad (9)$$

eşitliğinden yararlanılır. $x_{idl}(j)$, j 'inci kriter için hedef değerdir.

4. Adım: x^*_0 ve x^*_i arasındaki mutlak farklar bulunarak, mutlak değer tablosu oluşturulur.

$$\Delta_{0i} = |x^*_0(j) - x^*_i(j)| \quad (10)$$

$$\Delta_{0i} = \begin{bmatrix} \Delta_{01}(1) & \Delta_{01}(2) & \vdots & \Delta_{01}(n) \\ \Delta_{02}(1) & \Delta_{02}(2) & \vdots & \Delta_{02}(n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta_{0m}(1) & \Delta_{0m}(2) & \dots & \Delta_{0m}(n) \end{bmatrix} \quad (11)$$

5. Adım: Bu adımda gri ilişkisel katsayı matrisi oluşturulur. Bunun için matristeki her bir eleman eşitlik 12 kullanılarak hesaplanır.

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\Delta_{min} + \zeta \Delta_{maks}}{\Delta_{0i}(j) + \zeta \Delta_{maks}} \quad (12)$$

$$\Delta_{maks} = \max_i \max_j \Delta_{0i}(j) \quad (13)$$

$$\Delta_{min} = \min_i \min_j \Delta_{0i}(j)$$

ζ parametresi, ayırıcı katsayısı olarak bilinmekte ve 0 ile 1 ($0 \leq \zeta \leq 1$) arasında değerler almaktadır. ζ ayırıcı katsayısı Δ_{0i} ile Δ_{maks} arasında farkı ayarlamaktadır. $\zeta = 1$ olduğunda ayırıcılık en üst seviyede; $\zeta = 0$ olduğunda ise, ayırıcılık en alt seviyede olmaktadır. Literatürde genel itibariyle ayırıcı katsayısı $\zeta = 0,5$ olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada ayırıcı katsayısı 0,5 olarak alınacaktır.

6. Adım: Gri ilişkisel dereceler bu adımda hesaplanır. Hesaplanan gri ilişkisel derece ile karşılaştırılan x_i^* serisinin x_0^* referans serisine ne derece benzer olduğu görülebilecektir. Kriterlerin eşit önemde olduğu durumlarda serinin gri ilişkisel derecesi eşitlik 14 ile hesaplanmaktadır.

$$\Gamma_{0i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \gamma_{0i}(j) \quad i=1, 2, 3, \dots, m \quad (14)$$

Kriterler farklı ağırlıklara sahip ise, serinin gri ilişkisel derecesi eşitlik 15 ile hesaplanmaktadır.

$$\Gamma_{0i} = \sum_{j=1}^n [q_j \otimes \gamma_{0i}(j)] \quad i=1, 2, 3, \dots, m \quad (15)$$

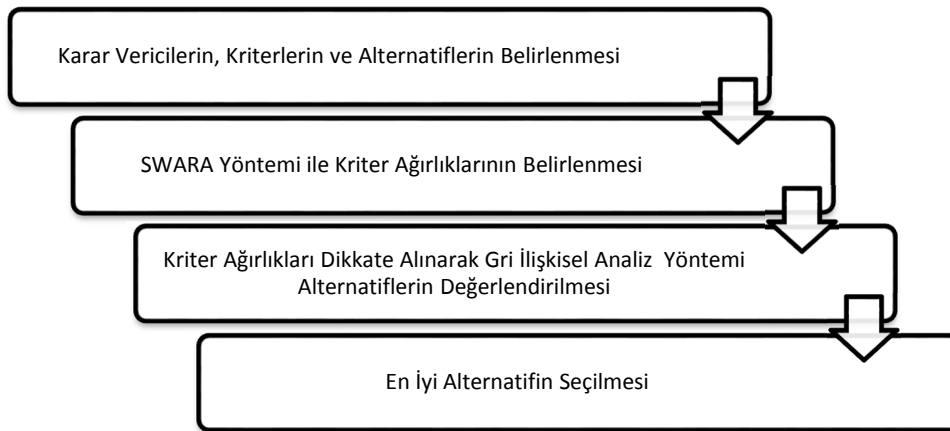
Bu çalışmada SWARA yönteminden elde edilen her bir kriter ağırlığı (q_j), eşitlik 15'te yer bulmuştur.

Hesaplanan gri ilişkisel dereceler büyükten küçüğe sıralanarak; en yüksek gri ilişkisel dereceye sahip alternatif, en iyi alternatif olmaktadır.

2.3. SWARA - Gri İlişkisel Analiz Yöntemlerinin Bütünleştirilmesi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin bütünleşik hale getirildiği çok sayıda çalışmaya literatürde karşılaşmak mümkündür. Çalışmalardaki ortak yapı genel anlamda şu şekildedir: çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP, Entropi, SWARA vb. yöntemler ile değerlendirme kriterlerinin önem düzeyleri (ağırlıkları) ortaya konulmakta; TOPSIS, VIKOR, COPRAS, Gri İlişkisel Analiz gibi farklı birçok kriterli karar verme yöntemi ile de alternatiflerin değerlendirilmesi yoluna gidilmektedir.

Bu çalışmada da çok kriterli karar verme yöntemlerinden SWARA yöntemi ile kriter ağırlıkları tespit edilecek; Gri İlişkisel Analiz yöntemi ile alternatifler değerlendirilecektir. SWARA - Gri İlişkisel Analiz yöntemlerinin özet haldeki bütünleştirme işlemi, Şekil 2'deki adımlar izlenerek yürütülmüştür.



Şekil 3: SWARA - Gri İlişkisel Analiz Bütünleştirme Aşamaları

3. Kentsel Dönüşüm Kapsamında Müteahhit Seçimine İlişkin Örnek Uygulama

Örnek uygulamada, 5 katlı ve 10 dairesel bir binanın riskli yapı olduğu tespit edilerek, Çevre ve Şehircilik Bakanlığına (ÇŞB) bağlı birimler tarafından yıkılmasına karar verilmiştir. Yıkım sonrası yeni binayı inşa edecek müteahhit firmanın seçimi için, paydaşların karar alması gerekmektedir. Bunun için, kriterler ve alternatif müteahhitler uzman desteğinden faydalanılarak arsa paydaşları tarafından belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılması SWARA yöntemiyle yapılmış, alternatif müteahhitler ise Gri İlişkisel Analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Paydaşların kararlardaki ağırlıkları da, arsadaki payları oranında hesaba dâhil edilmiştir. Tablo 4'te paydaşların arsa payları ve oranları görülmektedir. Bu çalışmada, paydaşların arsa hisse payları, karar verici ağırlığı olarak kullanılmıştır.

Tablo 4: Paydaşların Arsa Payları ve Kararlardaki Ağırlıkları

Paydaşlar	Arsa Payı	Oran (Ağırlık)	Paydaşlar	Arsa Payı	Oran (Ağırlık)
P1 - Paydaş 1	112/1375	0,0815	P6 - Paydaş 6	135/1375	0,0982
P2 - Paydaş 2	98/1375	0,0713	P7 - Paydaş 7	156/1375	0,1135
P3 - Paydaş 3	154/1375	0,1120	P8 - Paydaş 8	130/1375	0,0945
P4 - Paydaş 4	132/1375	0,0960	P9 - Paydaş 9	162/1375	0,1178
P5 - Paydaş 5	158/1375	0,1149	P10 - Paydaş 10	138/1375	0,1004

3.1. Kriterlerin Belirlenmesi ve SWARA Yöntemi ile Ağırlıklandırılması Aşaması

Müteahhit firma seçiminde kullanılan kriterler Tablo 5'teki gibi belirlenmiştir.

Tablo 5: Müteahhit Seçim Kriterleri (Contractor Selection Criteria)

C1	Maliyet	C5	Finansal Durum
C2	Zaman	C6	Yönetsel Kabiliyet
C3	Teknik Kabiliyet	C7	Güvenirlik
C4	Deneyim	C8	Mesleki Yeterlilik

Karar vericiler tarafından Tablo 5'te yer alan her bir kriter için en önemlisi 1 olmak üzere sıralama yapılmıştır. Sıralama sonuçları Tablo 6'da gösterilmiştir. Tabloya göre, Paydaş 1 için en önemli kriterin "C4 - Deneyim" kriteri olduğu görülmektedir.

Tablo 6: Paydaşlara (Karar Verici) Göre Kriter Sıralamaları

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
C1	2	4	3	1	3	1	1	1	3	2
C2	7	2	6	6	8	7	3	4	5	4
C3	6	8	4	2	6	6	6	6	4	8
C4	1	5	5	5	1	2	2	3	1	3
C5	4	3	8	3	5	5	7	7	6	6
C6	8	6	7	7	7	3	8	8	8	7
C7	3	1	1	4	2	4	4	2	2	1
C8	5	7	2	8	4	8	5	5	7	5

Tablo 6'da yer alan kriterler en önemliden başlayarak, Tablo 7'deki gibi sıralanmış ve ikinci kriterden itibaren her bir kriter için göre önem düzeyleri (S_j) karar verici tarafından belirlenmiştir. Örneğin, Paydaş 1 için C4 kriteri ile C1 kriteri arasında karşılaştırmalı önem düzeyi 0,30'dur.

Tablo 7: Kriterlerin Paydaşlar Düzeyinde Karşılaştırmalı Önemi

Önem Sırası	Paydaş 1		Paydaş 2		Paydaş 3		Paydaş 4		Paydaş 5		Paydaş 6		Paydaş 7		Paydaş 8		Paydaş 9		Paydaş 10		
	Sıra	s_j	Sıra	s_j	Sıra	s_j	Sıra	s_j	Sıra	s_j	Sıra	s_j	Sıra	s_j	Sıra	s_j	Sıra	s_j	Sıra	s_j	
1	C4	/	C7	/	C7	/	C1	/	C4	/	C1	/	C1	/	C4	/	C7	/			
2	C1	0,30	C2	0,25	C8	0,20	C3	0,25	C7	0,40	C4	0,20	C4	0,10	C7	0,25	C7	0,05	C1	0,10	
3	C7	0,15	C5	0,20	C1	0,15	C5	0,35	C1	0,30	C6	0,20	C2	0,05	C4	0,30	C1	0,20	C4	0,10	
4	C5	0,20	C1	0,30	C3	0,20	C7	0,60	C8	0,15	C7	0,30	C7	0,10	C2	0,35	C3	0,30	C2	0,35	
5	C8	0,25	C4	0,10	C4	0,30	C4	0,40	C5	0,05	C5	0,35	C8	0,20	C8	0,15	C2	0,15	C8	0,40	
6	C3	0,20	C6	0,35	C2	0,15	C2	0,20	C3	0,25	C3	0,15	C3	0,20	C3	0,05	C5	0,40	C5	0,30	
7	C2	0,05	C8	0,15	C6	0,15	C6	0,70	C6	0,35	C2	0,20	C5	0,10	C5	0,20	C8	0,35	C6	0,25	
8	C6	0,15	C3	0,10	C5	0,40	C8	0,15	C2	0,10	C8	0,20	C6	0,05	C6	0,40	C6	0,45	C3	0,10	

SWARA yöntemiyle yapılan kriter ağırlıklandırma adımları ise şu şekilde devam etmektedir;

Öncelikle, eşitlik 1 ile s_j 'ler kullanılarak, katsayı (k_j) değerlerine ulaşılmıştır. Ardından eşitlik 2 yardımıyla, her bir kritere ait önem vektör (q_j) değerleri hesaplanmıştır. Son olarak, kriterlere ait ağırlıklar (w_j) eşitlik 3 ile hesaplanmıştır. Paydaş 1'e ait her bir kriter için hesaplanan k_j , q_j ve w_j değerleri, Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8: SWARA Yöntemi ile Paydaş 1'e Ait Kriter Ağırlıklarının Hesaplama İşlemi

Sıralama	Kriterler	s_j	k_j	q_j	w_j
1	C4	/	1,00	1,00	0,2235
2	C1	0,30	1,30	0,77	0,1719
3	C7	0,15	1,15	0,67	0,1495
4	C5	0,20	1,20	0,56	0,1246
5	C9	0,25	1,25	0,45	0,0997
6	C3	0,20	1,20	0,37	0,0830
7	C2	0,05	1,05	0,35	0,0791
8	C6	0,15	1,15	0,31	0,0688

Tablo 8'de, Paydaş 1 için yapılan hesaplamaların diğer paydaşlar için de yapılması sonucu elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 9'a çıkarılmıştır.

Tablo 9: Kriterlerin Paydaşlar Bazında Hesaplanan Ağırlıkları

	Paydaş 1	Paydaş 2	Paydaş 3	Paydaş 4	Paydaş 5	Paydaş 6	Paydaş 7	Paydaş 8	Paydaş 9	Paydaş 10
Paydaş Ağırlığı	0,0815	0,0713	0,1120	0,0960	0,1149	0,0982	0,1135	0,0945	0,1178	0,1004
Kriterler										
C1	0,1719	0,1175	0,1564	0,2865	0,1348	0,2311	0,1744	0,2390	0,1674	0,1961
C2	0,0791	0,1833	0,0872	0,0632	0,0602	0,0663	0,1510	0,1089	0,1120	0,1321
C3	0,0830	0,0626	0,1304	0,2292	0,0893	0,0795	0,0953	0,0902	0,1288	0,0528
C4	0,2235	0,1068	0,1003	0,0758	0,2454	0,1926	0,1585	0,1471	0,2109	0,1783
C5	0,1246	0,1528	0,0542	0,1698	0,1117	0,0914	0,0866	0,0752	0,0800	0,0726
C6	0,0688	0,0791	0,0758	0,0372	0,0662	0,1605	0,0825	0,0537	0,0409	0,0581
C7	0,1495	0,2291	0,2159	0,1061	0,1753	0,1234	0,1373	0,1912	0,2009	0,2157
C8	0,0997	0,0688	0,1799	0,0323	0,1172	0,0552	0,1144	0,0947	0,0592	0,0943

Her bir paydaşa ait kriter ağırlıklarının paydaş ağırlıkları da dikkate alınarak birleştirilmesi sonucu elde edilen kriter ağırlıkları ise, Tablo 10'da gösterilmiştir. Paydaşların değerlendirilmeleri sonucunda, en önemli kriterin 0,1874 değeriyle "C1 - Maliyet" kriteri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 10: Birleştirilmiş Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Nihai Kriter Ağırlığı	
C1	Maliyet	0,1874
C2	Zaman	0,1026
C3	Teknik Kabiliyet	0,1057
C4	Deneyim	0,1661
C5	Finansal Durum	0,0989
C6	Yönetmel Kabiliyet	0,0717
C7	Güvenirlilik	0,1741
C8	Mesleki Yeterlilik	0,0935

Tablo 10 ile nihai kriter ağırlıklarına ulaşılmıştır. Bu aşamadan sonra yapılacak olan işlem; elde edilen kriter ağırlıkları da dikkate alınarak, Gri İlişkisel Analiz yöntemi ile müteahhitlerin belirlenmesidir.

3.2. Alternatif Müteahhitlerin Belirlenmesi ve Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ile Değerlendirilmesi Aşaması

Çalışmada, Nazilli ilçesinde uzun yıllardır inşaat sektöründe yer alan, ancak kentsel dönüşüm projeleri içerisinde yer almayan, bölgedeki müteahhitleri iyi bilen iki müteahhit karar verici olarak seçilmiştir. Söz konusu bu iki müteahhit ve arsa paydaşları tarafından karşılıklı müzakereler sonucunda, altı müteahhit firma için değerlendirilme yapılmasına karar verilmiştir.

Öncelikle, karar verici olarak belirlenen iki müteahhitin deneyimleri ve bilgisinden yararlanılarak, altı müteahhit firma için C3, C4, C5, C6, C7 ve C8 kriterlerini dikkate alarak değerlendirme yapması sağlanmıştır.

Tablo 11: Karar Verici Müteahhit Değerlendirme

	C3		C4		C5		C6		C7		C8	
	Teknik Kabiliyet		Deneyim		Finansal Durum		Yönetmel Kabiliyet		Güvenirlilik		Mesleki Yeterlilik	
	KV1	KV2	KV1	KV2	KV1	KV2	KV1	KV2	KV1	KV2	KV1	KV2
M1 - Müteahhit1	30	50	60	60	80	80	50	70	80	70	50	60
M2 - Müteahhit2	50	40	40	80	90	80	60	40	60	50	80	60
M3 - Müteahhit3	80	80	60	50	80	50	70	60	70	80	40	50
M4 - Müteahhit4	70	60	50	70	60	40	50	60	40	60	60	60
M5 - Müteahhit5	90	80	70	80	70	60	80	70	80	20	70	80
M6 - Müteahhit6	60	40	80	80	50	60	90	80	70	80	90	90

Tablo 11'deki karar verici değerlendirmelerinin ortalaması alınarak, Tablo 12'ye yansıtılmıştır. Ayrıca, "C1- Maliyet" ve "C2- Zaman" için alternatif müteahhitlerle görüşme sağlanarak gerekli bilgilere ulaşılmış ve Tablo 11'de bu bilgilere de yer verilmiştir.

Tablo 12: Alternatif Müteahhit Seçimi İçin Her Bir Kriteria Ait Değerler

Kriterler	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Min/Maks	Min	Min	Maks	Maks	Maks	Maks	Maks	Maks
SWARA Sonucu Kriter Ağırlıkları	0,1874	0,1026	0,1057	0,1661	0,0989	0,0717	0,1741	0,0935
M1	60.000 ₺	20	40	60	80	60	75	55
M2	75.000 ₺	15	45	60	85	50	55	70
M3	40.000 ₺	20	80	55	65	65	75	45
M4	45.000 ₺	18	65	60	50	55	50	60
M5	80.000 ₺	16	85	75	65	75	50	75
M6	60.000 ₺	20	50	80	55	85	75	90

Kriterlerin ilk ikisi minimum olması istenen, diğerleri de maksimum olması istenen durumlara sahiptir. Tablo 12 dikkate alınarak, minimum olmasını istediğimiz her bir kriter için alternatif skorlarından en küçüğü; maksimum olmasını istediğimiz her bir kriter için alternatif skorlarından en büyüğü referans değeri olarak alınmıştır.

Tablo 12 dikkate alınarak, Eşitlik 7 ve Eşitlik 8'e göre normalizasyon işlemi yapılmış ve Tablo 13 elde edilmiştir.

Tablo 13: Normalize Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Referans	0,500	0,000	0,000	0,200	0,857	0,286	1,000	0,222
M1	0,125	1,000	0,111	0,200	1,000	0,000	0,200	0,556
M2	1,000	0,000	0,889	0,000	0,429	0,429	1,000	0,000
M3	0,875	0,400	0,556	0,200	0,000	0,143	0,000	0,333
M4	0,000	0,800	1,000	0,800	0,429	0,714	0,000	0,667
M5	0,500	0,000	0,222	1,000	0,143	1,000	1,000	1,000
M6	0,500	0,000	0,000	0,200	0,857	0,286	1,000	0,222

Kriter düzeyindeki normalize edilmiş sonuçlar, referans değerinden çıkarılarak (eşitlik 10) mutlak değer tablosu elde edilmiştir (Tablo: 14).

Tablo 14: Mutlak Değer Tablosu

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
M1	0,500	1,000	1,000	0,800	0,143	0,714	0,000	0,778
M2	0,875	0,000	0,889	0,800	0,000	1,000	0,800	0,444
M3	0,000	1,000	0,111	1,000	0,571	0,571	0,000	1,000
M4	0,125	0,600	0,444	0,800	1,000	0,857	1,000	0,667
M5	1,000	0,200	0,000	0,200	0,571	0,286	1,000	0,333
M6	0,500	1,000	0,778	0,000	0,857	0,000	0,000	0,000

Mutlak değer tablosundaki değerlerden yararlanarak, $\Delta_{maks}= 1,000$ ve $\Delta_{min}= 0,000$ değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmada gri ilişki katsayı matrisi için, ayırıcı katsayısı $\zeta = 0,5$ olarak alınmıştır. Eşitlik 12 yardımıyla Tablo 15'deki gri ilişki katsayılar matrisine ulaşılmıştır. Bu çalışmada, kriterlerin önem düzeylerinin birbirinden farklı olması nedeniyle karar vericiler ile yapılan görüşme sonrası elde edilen verilerin SWARA yöntemi ile değerlendirilmesi sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları da Tablo 15'de gösterilmiştir.

Tablo 15: Gri İlişkisel Katsayılar Matrisi ve SWARA Yöntemi ile Elde Edilen Kriter Ağırlıklarının Tabloya Eklenmesi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
<i>Kriter Ağırlıkları</i>	<i>0,1874</i>	<i>0,1026</i>	<i>0,1057</i>	<i>0,1661</i>	<i>0,0989</i>	<i>0,0717</i>	<i>0,1741</i>	<i>0,0935</i>
M1	0,500	0,333	0,333	0,385	0,778	0,412	1,000	0,391
M2	0,364	1,000	0,360	0,385	1,000	0,333	0,385	0,529
M3	1,000	0,333	0,818	0,333	0,467	0,467	1,000	0,333
M4	0,800	0,455	0,529	0,385	0,333	0,368	0,333	0,429
M5	0,333	0,714	1,000	0,714	0,467	0,636	0,333	0,600
M6	0,500	0,333	0,391	1,000	0,368	1,000	1,000	1,000

Eşitlik 15 yardımıyla gri ilişki derecelere ulaşılmıştır. Elde edilen bu dereceler sıralamaya alınmış ve müteahhit firma 6'nın paydaşların çıkarlarına en yakın firma olduğu bilgisi paydaşlara aktarılmıştır.

Tablo 16: Gri İlişkisel Dereceler ve Alternatif Sıralamaları

Alternatifler	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Γ_i	0,544	0,512	0,648	0,474	0,566	0,711
Sıralama	4	5	2	6	3	1

Sonuç ve Değerlendirme

Kentsel dönüşüm kapsamındaki riskli binaların yıkımı sonrası, parsel ortakları yeni binayı inşa edecek müteahhit firmanın seçiminde kararsız kalarak, anlaşmazlığa düşebilmektedir. Bu uyuşmazlık ortamının oluşmasını önlemek, maksimum fayda ve getiriyi sağlayan müteahhit firmayı seçebilmek için yapılan bu çalışmada,

paydaşların kendi belirledikleri kriterler çerçevesinde, SWARA temelli Gri İlişkisel Analiz yöntemi tercih edilmiştir.

SWARA yöntemi ile kriterlerin ağırlıklandırılması yapılmış, en yüksek önem derecesine sahip kriterin “C1 -Maliyet” kriteri olduğu ve en düşük öneme sahip kriterin ise “C6 - Yönetmelik Kabiliyet” olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Gri İlişkisel Analiz yöntemi ile değerlendirme sonrası, Müteahhit 6 firmasının seçilmesi gerektiği paydaşlara iletilmiştir.

Bu çalışmada, paydaşların kendi belirledikleri müteahhit firmaların, yine kendilerinin belirlediği kriterler yardımıyla değerlendirmeleri sağlanmıştır (Kriterler SWARA yöntemiyle ağırlıklandırılmış, müteahhit firmalar Gri İlişkisel Analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir). Tüm paydaşlar, kararlarda arsa payları oranında temsil edilmiştir. Böylece, uyuşmazlıklar ortadan kalkarak, tüm paydaşları tatmin eden en uygun müteahhit firma seçilmiştir.

Kaynakça

- Acar, Y. (2014). *İnşaat sektöründe ANP (Analytic Network Process) Yöntemiyle Alt Yüklenici Seçimi*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K. (2013). Decision Making in Machine Tool Selection : An Integrated Approach with SWARA and COPRAS-G Methods. *Engineering Economics*, 24(1), 5–17.
- Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K. (2014a). Synergies of Data Mining and Multiple Attribute Decision Making. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 110(2014), 767–776.
- Aghdaie, M. H., Zolfani, S. H. ve Zavadskas, E. K. (2014b). Sales Branches Performance Evaluation: A Multiple Attribute Decision Making Approach. *8th International Scientific Conference “Business and Management 2014”* içinde (ss. 1–7). Lithuania: Vilnius Gediminas Technical University.
- Alimardani, M., Zolfani, S. H., Aghdaie, M. H. ve Tamošaitienė, J. (2013). A Novel Hybrid SWARA and VIKOR Methodology for Supplier Selection in an Agile Environment. *Technological and Economic Development of Economy*, 19(3), 533–548.
- Anh, H., Nguyen, D., Lee, C. ve Shin, K. (2017). An approach to optimizing printed conductive lines in high-resolution roll-to-roll gravure printing. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 46(January), 122–129. doi:10.1016/j.rcim.2017.01.003
- Chan, J. W. K. ve Tong, T. K. L. (2007). Multi-Criteria Material Selections and End-of-Life Product Strategy: Grey Relational Analysis Approach. *Materials and Design*, 28(5), 1539–1546. doi:10.1016/j.matdes.2006.02.016
- Chang, C.-L., Tsai, C.-H. ve Chen, L. (2003). Applying Grey Relational Analysis to the Decathlon Evaluation Model. *International Journal of The Computer, The Internet and Management*, 11(3), 54–62.
- Chen, F. L. ve Ou, T. Y. (2009). Gray Relation Analysis and Multilayer Functional Link Network Sales Forecasting Model for Perishable Food in Convenience Store. *Expert Systems with Applications*, 36, 7054–7063. doi:10.1016/j.eswa.2008.08.034
- Cristóbal, J. S. (2012). Contractor Selection Using Multicriteria Decision-Making Methods. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(6), 751–758. doi:10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000488.
- Çakır, E. (2016). Kentsel Dönüşüm Kapsamında Müteahhit (Yüklenici) Firmaların Bütünleşik SWARA - VIKOR Yöntemiyle Seçilmesi. *Proceedings of XVII. International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics* içinde (ss. 881–896). Sivas: Proceedings of XVII. International Symposium on Econometrics, Operations Research and Statistics.

- Çakır, E. (2017). Kriter Ağırlıklarının SWARA – Copeland Yöntemi ile Belirlenmesi: Bir Üretim İşletmesinde Uygulama. *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 42–56.
- Çakmak, Z., Baş, M. ve Yıldırım, E. (2012). Gri İlişkisel Analiz ve Uyum Analizi ile Bir İşletmede Karşılaşılan Üretim Hatalarının İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(1), 123–142.
- Çalal, S. (2016). Kentsel Dönüşüm Alanı İlan Edilen Yerlerde Yüklenicilerin Sorumlulukları. *Mali Çözüm Dergisi*, 26(133), 141–145.
- Çaydaş, U. ve Haşçalık, A. (2008). Use of the Grey Relational Analysis to Determine Optimum Laser Cutting Parameters with Multi-Performance Characteristics. *Optics and Laser Technology*, 40(7), 987–994. doi:10.1016/j.optlastec.2008.01.004
- Çiftçiöğlü, B. (2013). *İnşaat Sektöründe AHP Yöntemi ile Alt Yüklenici Seçimi: Bir Konut Projesinde Uygulama*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Das, D. K., Mishra, P. C., Chaubey, A. K. ve Singh, S. (2016). Fabrication Process Optimization for Improved Mechanical Properties of Al 7075/SiCp Metal Matrix Composites. *Management Science Letters*, 6, 297–308. doi:10.5267/j.msl.2016.1.011
- Dehnavi, A., Aghdam, I. N., Pradhan, B. ve Morshed Varzandeh, M. H. (2015). A New Hybrid Model Using Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) Technique and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) for Regional Landslide Hazard Assessment in Iran. *Catena*, 135(2015), 122–148.
- Erdem, İ. (2013). *Yöneylem Araştırması ve WinQSB Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Forghani, M. A. ve Izadi, L. (2013). Contractor Selection Based on SWOT Analysis with VIKOR Aand TOPSIS Methods in Fuzzy Environment. *World Applied Sciences Journal*, 24(4), 540–549. doi:10.5829/idosi.wasj.2013.24.04.346
- Fung, C. P. (2003). Manufacturing Process Optimization for Wear Property of Fiber-Reinforced Polybutylene Terephthalate Composites with Grey Relational Analysis. *Wear*, 254(3–4), 298–306. doi:10.1016/S0043-1648(03)00013-9
- Gavcar, E., Coşkun, E., Paksoy, T., Eleren, A., Sulak, H., Özdemir, M., ... Keskin, R. (2011). *Yöneylem Araştırması*. (V. Tecim, Ed.). İstanbul: Lisans Yayıncılık.
- Goyal, S. ve Grover, S. (2012). Applying Fuzzy Grey Relational Analysis for Ranking the Advanced Manufacturing Systems. *Grey Systems: Theory and Application*, 2(2), 284–298. doi:http://dx.doi.org/10.1108/20439371211260243
- Görener, A. ve Sabuncuoğlu, O. (2016). Bulanık TOPSIS Metodu ile Karar Verme: İnşaat Projelerinde Yüklenici Seçimi. *International Journal of Research in Business and Social Science*, 5(2), 71–82. doi:10.20525/ijrbs.v5i2.328
- Hasani, H., Tabatabaei, S. A. ve Amiri, G. (2012). Grey Relational Analysis to Determine the Optimum Process Parameters for Open-End Spinning Yarns. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 7(2), 81–86.
- Hepsen, A. ve Yıldırım, B. F. (2015). Grey Relational Analysis Based Ranking of Latin American and Caribbean Economies. *Pressacademia*, 2(3), 301–312. doi:10.17261/Pressacademia.2015312957
- Hillier, F. S. ve Lieberman, G. J. (2001). *Introduction to Operational Research*. New York: McGraw-Hill.
- Hua, Y., Wang, S., Chai, C., Liu, Z., Liu, X., Zou, L., ... Ying, Y. (2016). Quality Evaluation of Pseudostellariae Radix Based on Simultaneous Determination of Multiple Bioactive Components Combined with Grey Relational Analysis. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 22(1). doi:10.3390/molecules22010013

- Hussain, T., Arain, F. A. ve Malik, Z. A. (2017). Use of Taguchi Method and Grey Relational Analysis to Optimize Multiple Yarn Characteristics in Open-End Rotor Spinning. *Autex Research Journal*, 17(1), 67–72. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eoh&AN=41495260&lang=tr&site=ehost-live> adresinden erişildi.
- İncedayı, D. (2004). Kentsel Dönüşüm Kavramı Üzerine. *Mimar.ist - Üç Aylık Mimarlık Kültür Dergisi*, 4(12), 60–61.
- Juan, Y.-K. (2009). A Hybrid Approach Using Data Envelopment Analysis and Case-Based Reasoning For Housing Refurbishment Contractors Selection And Performance Improvement. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 5702–5710. doi:10.1016/j.eswa.2008.06.053
- Juan, Y. K., Perng, Y. H., Castro-Lacouture, D. ve Lu, K. S. (2009). Housing Refurbishment Contractors Selection Based On A Hybrid Fuzzy-QFD Approach. *Automation in Construction*, 18(2), 139–144. doi:10.1016/j.autcon.2008.06.001
- Kaplan, B. (2014). *Genetik Algoritma ve Monte Carlo Simülasyonu ile Bir İnşaat Projesinde Alt Yüklenici Seçimine İlişkin Süre Maliyet Kalite Optimizasyonu ve Risk Değerlendirmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Karabasevic, D., Paunkovic, H. ve Stanujkic, D. (2016). Ranking of companies according to the indicators of corporate social responsibility based on SWARA and ARAS methods. *Serbian Journal of Management*, 11(1), 43–53. doi:10.5937/sjm11-7877
- Karabasevic, D., Stanujkic, D., Urosevic, S. ve Maksimovic, M. (2015). Selection of Candidates in the Mining Industry Based on the Application of the SWARA and the MULTIMOORA Methods. *Acta Montanistica Slovaca*, 20(2), 116–124.
- Karabasevic, D., Stanujkic, D., Urosevic, S. ve Maksimovic, M. (2016). An approach to personnel selection based on Swara and Waspa methods. *Journal of Economics, Management and Informatics*, 7(1), 1–11. doi:10.5937/bizinfo1601001K
- Keleş, R. (2004). Kentsel Dönüşümün Tüzel Altyapısı. *Mimar.ist - Üç Aylık Mimarlık Kültür Dergisi*, 4(12), 72–75.
- Keršulienė, V. ve Turskis, Z. (2011). Integrated Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Model for Architect Selection. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(4), 645–666.
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2010). Selection of Rational Dispute Resolution Method by Applying New Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (Swara). *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243–258.
- Köseokur, H. (2007). *İnşaat Sektöründe Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Alt Yüklenici Seçimi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Kung, C. Y. ve Wen, K. L. (2007). Applying Grey Relational Analysis and Grey Decision-Making to Evaluate the Relationship Between Company Attributes and Its Financial Performance - A Case Study of Venture Capital Enterprises in Taiwan. *Decision Support Systems*, 43(3), 842–852. doi:10.1016/j.dss.2006.12.012
- Kuo, Y., Yang, T. ve Huang, G. W. (2008). The Use of Grey Relational Analysis in Solving Multiple Attribute Decision-Making Problems. *CompComputers & Industrial Engineering*, 55(1), 80–93. doi:10.1016/j.cie.2007.12.002
- Lee, W. S. ve Lin, Y.-C. (2011). Evaluating and ranking energy performance of office buildings using Grey relational analysis. *Energy*, 36(2011), 2551–2556. doi:10.1016/j.energy.2011.01.049
- Lin, Y.-H., Lee, P.-C. ve Chang, T.-P. (2009). Practical Expert Diagnosis Model Based on the Grey Relational Analysis Technique. *Expert Systems with Applications*, 36(2, Part 1), 1523–1528. doi:10.1016/j.eswa.2007.11.046

- Lin, Z. C. ve Ho, C. Y. (2003). Analysis and application of grey relation and ANOVA in chemical-mechanical polishing process parameters. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21(1), 10–14. doi:10.1007/s001700300001
- Lu, I. J., Lin, S. J. ve Lewis, C. (2008). Grey Relation Analysis of Motor Vehicular Energy Consumption in Taiwan. *Energy Policy*, 36(7), 2556–2561. doi:10.1016/j.enpol.2008.03.015
- Nezhad, M. R. G., Zolfani, S. H., Moztarzadeh, F., Zavadskas, E. K. ve Bahrami, M. (2015). Planning the priority of high tech industries based on SWARA-WASPAS methodology: The case of the nanotechnology industry in Iran. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 28(1), 1111–1137. doi:10.1080/1331677x.2015.1102404
- Peker, İ. ve Baki, B. (2011). Performance Evaluation in Turkish Insurance Sector with Grey Relationship Analysis. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 3(7), 1–18.
- Rajesh, R. ve Ravi, V. (2015). Supplier selection in resilient supply chains: A grey relational analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, 86(August 2014), 343–359. doi:10.1016/j.jclepro.2014.08.054
- Ramezaniyan, M. R., Kazemi, M., Jafari, H. ve Elahi, S. M. (2012). Application of Integrated Fuzzy VIKOR & AHP Methodology to Contractor Ranking. *Management Science Letters*, 2(5), 1511–1526. doi:10.5267/j.msl.2012.05.017
- Rashvand, P., Majid, M. Z. A. ve Pinto, J. K. (2015). Contractor management performance evaluation model at prequalification stage. *Expert Systems with Applications*, 42(12), 5087–5101. doi:10.1016/j.eswa.2015.02.043
- Saha, A. ve Mandal, N. K. (2013). Optimization of Machining Parameters of Turning Operations Based on Multi Performance Criteria. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4, 51–60. doi:10.5267/j.ijiec.2012.011.004
- Sarucan, A., Baysal, E. M., Kahraman, C. ve Engin, O. (2011). A Hierarchy Grey Relational Analysis for Selecting the Renewable Electricity Generation Technologies. *World Congress on Engineering, II*, 4–9.
- Senger, Ö. ve Albayrak, Ö. K. (2016). Gri İlişki Analizi Yöntemi ile Personel Değerlendirme Üzerine Bir Çalışma. *International Journal of Economic & Administrative Studies*, 2016(7), 235–258.
- Shukla, S., Mishra, P. K., Jain, R. ve Yadav, H. C. (2016). An integrated decision making approach for ERP system selection using SWARA and PROMETHEE method. *Int. J. of Intelligent Enterprise*, 3(2), 120–147. doi:10.1504/IJIE.2016.076041
- Sofyalıoğlu, Ç. ve Öztürk, Ş. (2012). Application of Grey Relational Analysis With Fuzzy AHP to FMEA Method. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 13(1), 114–130.
- Stanujkic, D., Karabasevic, D. ve Zavadskas, E. K. (2015). A Framework for the Selection of a Packaging Design Based on the SWARA Method. *Engineering Economics*, 26(2), 181–187.
- Sumrit, D., Anuntavoranich, P. ve Vadhanasindhu, P. (2012). Strategic Decision for the External Technological Innovation Acquisition Mode Selection by Using an Integration of AHP and GRA Methods: A Case Study on a Thai New Technology-Based Firm. *IOSR Journal of Business and Management*, 6(1), 29–38.
- Tekin, M. (2008). *Sayısal Yöntemler*. Konya: Selçuk Üniversitesi İİBF.
- Timor, M. (2010). *Yöneylem Araştırması*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Topcu, Y. I. (2004). A decision model proposal for construction contractor selection in Turkey. *Building and Environment*, 39(4), 469–481. doi:10.1016/j.buildenv.2003.09.009

- Tosun, N. (2006). Determination of Optimum Parameters for Multi-Performance Characteristics in Drilling by Using Grey Relational Analysis. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28(5-6), 450-455. doi:10.1007/s00170-004-2386-y
- Tsai, C.-H., Chang, C.-L. ve Chen, L. (2003). Applying Grey Relational Analysis to the Vendor Evaluation Model. *International Journal of The Computer, The Internet and Management*, 11(3), 45-53.
- Tuş Işık, A. ve Aytaç Adalı, E. (2016). A new integrated decision making approach based on SWARA and OCRA methods for the hotel selection problem. *International Journal of Advanced Operations Management*, 8(2), 140-151. doi:10.1504/IJAOM.2016.079681
- Tzeng, C.-J., Lin, Y.-H., Yang, Y.-K. ve Jeng, M.-C. (2009). Optimization of Turning Operations with Multiple Performance Characteristics Using The Taguchi Method and Grey Relational Analysis. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(6), 2753-2759. doi:10.1016/j.jmatprotec.2008.06.046
- Uçkun, N. ve Girginer, N. (2011). Türkiye'deki Kamu ve Özel Bankaların Performanslarının Gri İlişki Analizi ile İncelenmesi, 67-88.
- Ulubeyli, S. (2008). *Uluslararası İnşaat Projelerinde Alt Yüklenici Seçimi İçin Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Modeli*. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Ulubeyli, S. ve Kazaz, A. (2016). Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Model For Subcontractor Selection in International Construction Projects. *Technological and Economic Development of Economy*, 22(2), 210-234. doi:10.3846/20294913.2014.984363
- Üstünışık, N. Z. (2007). *Türkiye'deki İller ve Bölgeler Bazında Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması Araştırması: Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ve Uygulaması*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Vafaiepour, M., Zolfani, S. H., Varzandeh, M. H. M., Derakhti, A. ve Keshavarz, M. E. (2014). Assessment of Regions Priority for Implementation of Solar Projects in Iran: New Application of a Hybrid Multi-Criteria Decision Making Approach. *Energy Conversion and Management*, 86(2014), 653-663.
- Vijaya, B., Sharavanan, S. ve Jeykrishnan, J. (2017). Optimization of process parameters in drilling of fibre hybrid composite using Taguchi and grey relational analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 183(1), 12003. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eoh&AN=41519614&lang=tr&site=ehost-live> adresinden erişildi.
- Wang, S.-M., Hsieh, C.-H. ve Sie, P.-R. (2014). A Grey Relation Analysis of the Performance of Listed Hospitality Companies in Taiwan. *International Journal of Organizational Innovation*, 7(3), 115-125.
- Wu, H.-H. (2002). A Comparative Study of Using Grey Relational Analysis in Multiple Attribute Decision Making Problems. *Quality Engineering*, 15(2), 209-217. doi:10.1081/QEN-120015853
- Yan, F., Qiao, D., Qian, B., Ma, L., Xing, X., Zhang, Y. ve Wang, X. (2016). Improvement of CCME WQI using grey relational method. *Journal of Hydrology*, 543, 316-323. <http://10.0.3.248/j.jhydrol.2016.10.007> adresinden erişildi.
- Yan, J., Li, L., Zhao, F., Zhang, F. ve Zhao, Q. (2016). A multi-level optimization approach for energy-efficient flexible flow shop scheduling. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1543-1552. <http://10.0.3.248/j.jclepro.2016.06.161> adresinden erişildi.
- Yazdani, M., Zavadskas, E. K., Ignatius, J. ve Abad, M. D. (2016). Sensitivity analysis in MADM methods: Application of material selection. *Engineering Economics*, 27(4), 382-391. doi:10.5755/j01.ee.27.4.14005

- Yıldırım, B. F. ve Önder, E. (2014). *İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler için Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa: Dora Yayınları.
- Yılmaz, E. ve Güngör, F. (2010). Gri İlişkisel Analiz Yöntemine Göre Farklı Sertliklerde Optimum Takım Tutucusunun Belirlenmesi. 2. *Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi* içinde (ss. 1–9).
- Zhai, L. Y., Khoo, L. P. ve Zhong, Z. W. (2009). Design Concept Evaluation in Product Development Using Rough Sets and Grey Relation Analysis. *Expert Systems with Applications*, 36, 7072–7079. doi:10.1016/j.eswa.2008.08.068
- Zolfani, S. H. ve Bahrami, M. (2014). Investment Prioritizing in High Tech Industries Based on SWARA-COPRAS Approach. *Technological & Economic Development of Economy*, 20(3), 534–553.
- Zolfani, S. H. ve Banihashemi, S. S. A. (2014). Personnel Selection Based on a Novel Model of Game Theory and MCDM Approaches. *8th International Scientific Conference “Business and Management 2014”* içinde (ss. 191–198). Lithuania: Vilnius Gediminas Technical University.
- Zolfani, S. H., Esfahani, M. H., Bitarafan, M., Zavadskas, E. K. ve Arefi, S. L. (2013). Developing A New Hybrid MCDM Method for Selection of The Optimal Alternative of Mechanical Longitudinal Ventilation of Tunnel Pollutants During Automobile Accidents. *Transport*, 28(1), 89–96. doi:10.3846/16484142.2013.782567
- Zolfani, S. H. ve Sapauskas, J. (2013). New Application of SWARA Method in Prioritizing Sustainability Assessment Indicators of Energy System. *Engineering Economics*, 24(5), 408–414.
- Zolfani, S. H., Zavadskas, E. K. ve Turskis, Z. (2013). Design of Products with Both International and Local Perspectives Based on Yin-Yang Balance Theory and SWARA Method. *Economic Research*, 26(2), 153–166.