



ELECTRE VE MAKSİMUM KAPSAMA MODELİ YÖNTEMLERİ İLE BİLİM MERKEZLERİNİN OPTİMUM TESİS YERİ SEÇİMİ

OPTIMUM FACILITY LOCATION OF SCIENCE CENTERS WITH ELECTRE AND MAXIMUM COVERING MODEL

Hakan Murat ARSLAN¹

Öz

Bilim merkezlerinin en uygun (optimum) yerleştirilmesi, farklı yaşta ve farklı özellikteki bireyleri bilim ile buluşturarak bilimsel ve teknolojik gelişmeleri toplum için daha anlaşılır hale getirmesi bakımından çok önemlidir. Ayrıca, bu gibi tesislerinin kuruluş maliyetlerinin yüksek olması ve tesisin yapıldıktan sonra yer değiştirmesinin mümkün olmaması da optimum yerleştirmeyi zorunlu kılmaktadır. Eğitim tesislerinin optimum yerleştirilmesinde birbirinden farklı Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada karar vericilerin belirli kriterler çerçevesinde alternatifleri değerlendirme temeline dayanan Electre yöntemi ve Maksimum kapsama modeli (MKM) kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, bilim merkezlerinin optimum yerleştirilmesinde ÇKKV yöntemlerinin kullanılabilirliğini göstermektir. Bu amaca yönelik beş aday bilim merkezi yeri belirlenmiştir. Bu tür tesislerinin optimum lokasyonlarının belirlenmesinde kriterler nitel özelliktedir. Çalışmada, nitel özellikteki kriterlere ağırlıklar atanmış ve sayısal değerlere dönüştürülerek karşılaştırılabilir hale getirilmiştir. Electre ve MKM ile ayrı ayrı gerçekleştirilen analizler sonucunda, Düzce’de yapılması planlanan Bilim Merkezi için en uygun yer A4 (Kalıcı Konutlar Merkezi) olarak saptanmıştır. Sonuçlar yetkililer ile paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tesis Yeri Seçimi, Electre Yöntemi, Maksimum Kapsama Modeli, Bilim Merkezleri

Abstract

Optimal deployment of science centers is crucial in bringing scientists of different ages and characteristics together this optimal deployment would make scientific and technological developments more understandable for the society. In addition, the fact that the cost of establishing such facilities is high and the possibility of relocating the plant after it is made obligatory also requires optimum deployment. Different multi-criteria decision making (MCDM) methods are used in the optimal deployment of education facilities. In this study, Electre method and Maximum covering method (MCM), which is based on evaluating alternatives within the framework of certain criteria, has been used by decision makers. The purpose of this study is to demonstrate the applicability of MCDM methods at the optimal location of the science centers. Five candidate science centers for this purpose have been identified. Criteria are qualitative in determining the optimum locations of such facilities. In the study, the qualitative criteria were assigned weights and converted to numerical values to make them comparable. As a result of analyzes performed separately by Electre and MCM, A4 (Kalıcı Konutlar Merkezi) was determined as the best place for the planned science center in Düzce. The results are shared with the authorities.

Keywords: Facility Location, Electre Method, Maximum Covering Method, Science Centers

¹ Yrd.Doç.Dr., Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi, muratarslan@duzce.edu.tr

1. GİRİŞ

Doğru ve yerinde kararlar alabilme ve uygulayabilme yeteneği tüm kurumların yönetim faaliyetlerinde olduğu gibi özellikle eğitim yönetiminde de çok önemlidir. Günümüzde optimum yerleştirilmesi planlanan eğitim kurumlarının en uygun yerde inşa edilmesi belirli kriterler ve alternatifler esas alınarak bilimsel yöntemlerle gerçekleştirilmelidir.

Eğitim tesislerinin optimum yerleştirilmesinde göz önüne alınacak kriter ve alternatifler karar probleminin yapısına göre oldukça fazla olabilir. Karar probleminin özelliğine göre bu kriter ve alternatifler olabildiğince sadeleştirmeli ve sayıları optimum olmalıdır. Aksi takdirde ÇKKV analizlerinin sonuçlarında güvenilirlik sorunları oluşabilir. ÇKKV yöntemleri, karar probleminin yapısında olan kriterlere ve alternatiflere ait nitel özellikteki verilerin nicel hale getirilip kıyaslanması temeline dayanmaktadır.

Karar verme, imkân dâhilinde ki seçenekler arasından en uygun bir faaliyeti veya faaliyetler dizisini seçmek şeklinde tanımlanabilir ve karar sürecinde probleme ait birçok veri eş zamanlı olarak nicel değerlere dönüştürülerek analiz edilebilir (Tulunay, 1980: 32). Günümüzde işletme yöneticileri ve eğitim kurumları yetkilileri farklı seçenekler arasından en uygun olanını seçme problemi ile sık sık karşılaşmaktadırlar.

Eğitim yöneticilerin tesislerin optimum yerleştirilmesi kararlarında kendilerine yardımcı olabilecek birçok bilimsel yöntem mevcuttur. Literatür incelendiğinde karar probleminde yer alan karar vericilerin görüşlerinin önemli olduğu durumlarda ÇKKV diğer durumlarda ise bulanık mantık veya yapay zekâ optimizasyon yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir.

Bir bilim merkezi tesisinin belli bir yerleşim bölgesinde topluma en faydalı olacak şekilde yerleştirilmesi, tesis yer seçimi problemi olarak düşünülebilir. Bu tür tesislerin optimum yerleştirilmesi toplumsal fayda açısından çok önemlidir.

Bilim merkezlerinin kurulması ve amaçlarını içeren, 2014 TÜBİTAK Bilim ve Toplum Proje Destek Programında yayımlanan çağrı metninde bir yerleşim biriminde bilim merkezinin kuruluş amaçları açıkça belirtilmiştir. Bunlar;

- Bilginin topluma anlayabileceği şekilde aktarılması bunu gerçekleştirirken de görselliğin had safhada kullanılması,
- Klasik öğretim yöntemlerinin aksine toplumun basit bilimsel değerleri biraz dikkatle fark etmelerini sağlamak,
- Toplumun merak, araştırma ve öğrenme isteklerinin tetiklenmesini sağlamaktır.

Bilim merkezlerinin optimum yerleştirilmesinde Electre ve MKM yöntemlerinin kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmanın ikinci bölümünde tesislerin optimum yerleşimini, özellikle eğitim tesislerinin yerleştirilmesini içeren literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde ise bilim merkezlerini optimum yerleşimi modelinin analizinde kullanılan Electre ve MKM yöntemleri ve aşamaları üzerinde durulmuştur. Dördüncü bölümde ise Düzce Bilim Merkezi binasının optimum yerleştirilmesine ait uygulama ve analiz bulgularına yer verilmiştir. Besinci son bölümde ise analiz sonuçları ve yorumları yapılmış ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Optimum kuruluş yeri seçiminde kullanılan birçok bilimsel yöntem vardır. Bu yöntemler arasında; matematiksel modellemeler, simülasyon tekniği, finansal metotlar ve ÇKKV yöntemleri yer almaktadır. Tesis yeri seçim problemlerinde sıklıkla kullanılan ÇKKV yöntemleri; Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Topsıs, Bulanık AHP, Bulanık Topsıs, Electre vb. şeklinde sıralanabilir (Eleren, 2006).

Tesis yeri seçimine ait literatür çalışmalarından bazıları aşağıda sıralanmıştır. Optimum tesis yer seçimi konusunda literatürde rastlanan ilk çalışma 1900' lerin başlarında Alfred Weber tarafından gerçekleştirilmiştir. Weber 1909 yılında gerçekleştirdiği çalışmasında üç talep merkezinden birisinin minimum lojistik maliyet oluşturacak şekilde tümüne hizmet sunabilen tesis olarak yerleştirmeyi başarmıştır (Jamshidi, 2009).

Temelde tesis yerleştirme problemleri, n tane tesisi m tane yere ($n < m$) optimum şartlar sağlanacak şekilde yerleştirmekle ilgilendirler. Bu problemler, işletmelerin kuruluş yeri seçimlerinde, işletmelerin bazı özelliklerini dikkate alarak ve maliyetleri en az seviyede olacak şekilde optimum yerleştirilmelerini sağlayan modellerdir. Tesis yerleştirme problemleri sadece belli bir bölge içinde ki tesislerin optimum yerleştirilmesi şeklinde uygulanmamalıdır. Örneğin bir üretim tesisi içindeki makinelerin optimum yerleştirilmesinde de kullanılabilmesi unutulmamalıdır (Kulluk ve Türkbey, 2004).

Hakimi (1964) çalışmasında, iletişim noktalarını içeren bir ağ üzerinde ki noktalar arasından seçilecek belirli sayıdaki iletişim noktasının optimum yerleştirilmesini temin edecek bir model önermiştir. Hâkimi 'nin bu çalışmasından sonra optimum tesis yerleşimi konusunda çok fazla çalışma yapılmıştır.

Özel ve kamu kuruluşları optimum tesis yeri seçim kararlarını verirken çok dikkatli olmak durumundadırlar. Aslında tesislerin optimum yerleştirilmesi konusu işletmelerin uzun vadeli kararları arasındadır. İşletmelerin muadilleri ile rekabetlerinin giderek arttığı ve yerinde finansal kararlar alabilmenin giderek önemli olduğu 21. yüzyıl iktisadi yaşamında, optimum tesis yerleştirme çok daha fazla önemli hale gelmiştir (Correia vd. 2009).

Optimum tesis yerleştirme konusunda hem kamu hem de özel kuruluşlar bir takım problemler yaşarlar. Resmi kuruluşlar, halka en verimli hizmet sunabilecek okullar, hastaneler, itfaiye ve polis merkezleri gibi tesislerini optimum yerleştirmeye, özel kuruluşlar da üretim tesisleri, satış mağazaları ve lojistik merkezleri gibi işletmelerin optimum yerleşimlerinde bilimsel yöntemlere dayalı kararlar vermek zorundadırlar (Bastı, 2012).

Akyüz ve Soba (2013) çalışmasında, Uşak'ta kurulacak bir tekstil işletmesi için alternatif üç tesis yeri arasından optimum konumun tespit edilmesine çalışılmıştır. Optimum tesis yeri seçiminde ÇKKV yöntemlerinden Electre yöntemi ile kriterler değerlendirilmiştir. Belirlenen analiz sonuçlarına göre birinci sırada Uşak Organize Sanayi Bölgesi bulunmuştur.

Yürük ve Erdoğan (2015), Düzce'de hayvansal atıkların girdi olarak kullanıldığı biyogaz tesisinin optimum yerleştirilmesi için K-means kümeleme analizi yöntemi kullanmışlar ve en uygun biyogaz tesis yerini tespit etmişlerdir.

Arslan ve Yıldız (2015) çalışmalarında Düzce ili sınırlarında belirli bir bölge içinde kurulması düşünülen Yaralı Toplanma Merkezlerinin (YTM) optimum yerleştirilmesi için maksimum kapsama modelini kullanarak, belirlenen kriterler çerçevesinde en uygun tesis yerlerini belirlemişlerdir.

Keleş ve Tunca (2015) çalışmalarında, öncelikle 254 katılımcı ile teknokent seçiminde etkili olabilecek kriterler belirlenmiştir. Sonra, "Hiyerarşik Electre Yöntemi" ile karar

vericilerin birlikte belirledikleri kriterlerin ağırlıkları tespit edilerek, Electre III Yöntemi ile Ankara bölgesinde faaliyette olan teknokentler önceliklerine göre sıralanmıştır.

Kılıçoğulları vd. (2009) çalışmalarında, bir firmanın faaliyetini sürdürebilmesi için gerekli olan en uygun akaryakıt istasyonu seçimi için ÇKKV yöntemlerinden Electre yöntemi ile alternatifler önceliklerine göre sıralanmıştır. Analiz sonuçlarında tespit edilen optimum akaryakıt istasyonu tercihi doğrultusunda firmanın finansal analizi gerçekleştirilmiştir.

Şevkli (2010), çalışmasında en uygun tedarikçi seçiminde net ve bulanık Electre yöntemlerini uygulamış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır. İfade edilen yöntemler bir üretim işletmesinde uygulanmıştır. Sonuçlar yetkililer ile paylaşılmıştır.

Ömürbek ve Mercan (2014), imalat sektöründe belli bir bölge içinde faaliyet gösteren 22 işletme, karar vericilerin birlikte tespit ettiği dokuz kritere göre Topsis ve Electre yöntemleri kullanılarak mali açıdan karşılaştırılmıştır.

Durak ve Yıldız (2015), bir gıda firmasının optimum sayıda ve yerde depo tesisi için p-medyan tesis yerleştirme modeli kullanmışlardır. Ayrıca elde ettikleri sonuçları firma yetkilileri ile paylaşmışlardır.

Şimşek (2016) çalışmasında, ilk önce Türkiye’de tekstil işletmelerinin yoğunlukta olduğu altı il arasından en uygun olanı AHP yöntemi ile belirlenmiş, daha sonra belirlenen il içinde optimum organize sanayi bölgesinin seçimini Electre yöntemi kullanarak tespit etmiştir.

Arık vd. (2012) yılında, İstanbul’ un Ümraniye ilçesinde optimum sayıda ve yerde açılması planlanan özel sektöre ait mağazaların tespit edilmesinde Maksimum Kapsama Modelini kullanmışlardır.

Hacıoğlu vd. (2016) çalışmalarında, kırsal ve kentsel alanlarda hava kalitesi izleme istasyonlarının optimum kuruluş yerlerini belirlemek için AHP ve Electre yöntemlerini ayrı ayrı kullanmışlar ve bu iki yöntemin sonuçlarını karşılaştırarak en uygun konumları belirlemişlerdir.

Akpınar (2003), Soner ve Önüt (2006), Yürekli (2008) Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2010) ve Çağıl (2011) çalışmalarında Electre yöntemini kullanmışlardır.

Sawadago ve Anciaux (2010) çalışmalarında, Paris ve Marsilya arasında faaliyette olan yük taşımacılığında kullanılan on iki rota içinden en uygun olanını ÇKKV metotlarından AHP ve Electre yöntemlerini birlikte kullanarak belirlemişlerdir.

Karacasu (2007) çalışmasında ise sınırlı bir bölge için planlanan toplu taşımacılık yatırımlarının değerlendirmesinde Electre yöntemini kullanmıştır. Çalışmanın sonuçlarını yetkililerle paylaşmış ve Electre yönteminin yatırımların değerlendirilmesi çalışmalarında da kullanılabileceğini gösterilmiştir.

Özkan (2008) çalışmasında, geçmişe dönük bir yıl boyunca yapılan katı atık analizlerine göre hangi katı atık yönetim sisteminin kurulması problemi karşısında farklı ÇKKV yöntemleri belirlemiştir. Ancak En uygun Eskişehir kentsel katı atık yönetim sistemi Yaşam Döngüsü Analizi (LCA) ve Electre III yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre; Eskişehir sistemli katı atık toplama alanı için Çavlum Bölgesinin uygun olduğu tespit edilmiştir.

3. ÇALIŞMADA KULLANILAN OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ

İşletmelerin karşılaştıkları karar problemleri bir çok optimizasyon yöntemi ile çözülebilir. Ancak problemin özelliğine göre en uygun yöntemin belirlenmesi çözüm

aşamaları arasında önemli bir süreçtir. Electre yönteminin işleyiş aşamaları dikkate alındığında, bilim merkezlerinin optimum yerleştirilmesi problemindeki kriterler en uygun alternatifin seçilmesi ve diğerlerine göre üstünlüğünün belirtilmesi çalışmada ön planda olduğundan uygulamada Electre yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca tesis edilecek Bilim Merkezinin diğer ilgili kurumlarla yakın etkileşim içinde bulunması gerekliliği, Maksimum Kapsama Modelinin kullanılmasının daha uygun olacağını düşündürmüştür. Bu yöntemlerin çalışmada kullanılması ön görüldüğünden gelen başlıklarda bu yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Electre Yöntemi

Electre (Elimination and Choice Translating Reality English) yöntemi çok kriterli karar verme metodu olarak ilk kez 1966’ da Beneyoun tarafından kullanılmıştır. Yöntemin temelinde kriterlerin tümü için alternatiflerin ikili kıyaslamalarına ve üstünlüklerinin belirtilmesi vardır. Yöntem 8 aşamada analiz edilir. Aşağıda yönteminin aşamaları açıklanmıştır (Triantaphyllou, 2000:16);

1. Aşama : (A) Karar Matrisinin Hesaplanması:

Karar matrisinin satırları karar probleminin kriterlerini, sütunları ise alternatifleri ifade etmektedir. A matrisi karar verici(ler) tarafından objektif şekilde oluşmuş ilk veri setidir. A Karar matrisi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

A_{ij} matrisinde m alternatif sayısını, n kriter sayısını göstermektedir.

2. Aşama : (X) Standart Karar Matrisinin Hesaplanması:

X Standart Karar Matrisinin her bir elemanı, A karar matrisinin elemanlarından yola çıkılarak ve aşağıda verilen formül (3.1) yardımı ile bulunabilir.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (3.1)$$

Örneğin; X standart karar matrisinin x_{11} elemanını bulmak için, A karar matrisinin a_{11} elemanını formülde pay kısmına ve paydaya ise, A matrisinin 1. sütun elemanlarının kareleri toplamının karekökü yazılır ve pay paydaya bölünerek sonuç elde edilir. Bu işlemde hedef, birinci alternatifin birinci kriterle ilişkisini değerlendirmek ve diğer alternatifler bakımından ağırlığını tespit etmektir. Değerlendirmeler sonucunda X standart karar matrisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

3. Aşama: (Y) Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin Hesaplanması:

Karar probleminin her bir kriteri karar verici açısından farklı öneme sahip olabilir. Bu farklılıkları Electre yönteminin çözüm sürecine aktarabilmek için Y Ağırlıklı Standart Karar Matrisi oluşturulur. Karar verici(ler) ilk olarak kriterlerin ağırlıklarını (w_i) belirlemelidirler. Bu ağırlıklar toplamı aşağıda belirtilen formüle (3.2) göre 1.0 değerine eşit olmalıdır.

$$\left(\sum_{i=1}^n w_i = 1 \right) \quad (3.2)$$

Sonra X standart karar matrisinin her bir sütun elemanları ilgili w_i değeri ile çarpılır ve Ağırlıklı Standart Karar Matrisi (Y) matrisi oluşur. Y Ağırlıklı Standart Karar Matrisi aşağıda ifade edilmiştir;

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix}$$

4. Aşama: (C_{kl}) Uyum ve (D_{kl}) Uyumsuzluk Setlerinin Hesaplanması:

Uyum setlerinin oluşturulması için (Y) ağırlıklı standart karar matrisinin elemanlarından faydalanılır. Alternatifler kendi aralarında kriterler dikkate alınarak karşılaştırılır. Uyum ve uyumsuzluk setleri aşağıda ifade edilen formül (3.3) yardımı ile belirlenir:

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\} \quad (3.3)$$

Örneğin; $k=1$ ve $l=2$ için C_{12} uyum setinin hesaplanmasında Y Ağırlıklı Karar Matrisinin 1. ve 2. satır elemanları karşılıklı olarak birbirleriyle kıyaslanması gerekir. Eğer problemde 3 kriter varsa C_{12} uyum setinde en fazla 3 elemanlı olur. Electre yönteminin özelliği gereği her bir uyum setine (C_{kl}) karşılık bir uyumsuzluk seti (D_{kl}) verilir. Yani uyum ve uyumsuzluk seti sayıları eşittir.

Electre yöntemi sürecinde uyum setleri belirlenirken kriterlerin yapılarına dikkat edilmesi gerekir. Yani ilgili kriter kâr özellikli ise (3.3) formülü kullanılır. Fakat kriter maliyet özellikli ise $y_{kj} < y_{lj}$ eşitsizliğini kullanmak gerekir.

5. Aşama: (C) Uyum ve (D) Uyumsuzluk Matrislerinin Hesaplanması:

(C) Uyum matrisinin hesaplanmasında önceki aşamada belirlenen uyum setlerinden faydalanılır. C matrisinin boyutu ($m \times m$) dir. $k = l$ için ilgili elemana değer yazılmaz. C Uyum Matrisinin elemanları aşağıdaki formül (3.4) ile hesaplanabilir.

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad (3.4)$$

Örneğin; $C_{12} = \{1,4\}$ ise C Uyum matrisinin c_{12} elemanına karşılık gelen değer, $c_{12} = w_1 + w_4$ ağırlıklarının toplamı ile bulunabilir. Bu şekilde oluşturulan C Matrisi aşağıda ifade edilmiştir.

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{23} & \dots & c_{2m} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & - \end{bmatrix}$$

(D) Uyumsuzluk matrisinin elemanları (d_{kl}) aşağıda belirtilen formül (3.5) ile bulunabilir;

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|} \quad (3.5)$$

C Uyum Matrisi gibi D Uyumsuzluk Matrisinin boyutuda ($m \times m$) dir. $k = l$ için ilgili elemana değer yazılmaz. Buna göre D uyumsuzluk matrisi aşağıda ifade edildiği gibidir.

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{23} & \dots & d_{2m} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \dots & - \end{bmatrix}$$

6. Aşama: Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Hesaplanması:

(F) Uyum Üstünlük Matrisinin boyutu ($m \times m$) dir ve bu matrisin elemanları, uyum eşik değeri (\underline{c}) nin Uyum Matrisinin elemanlarıyla (c_{kl}) ayrı ayrı karşılaştırılması ile bulunur.

(\underline{c}) Uyum eşik değeri aşağıda ifade edilen formül (3.6) ile hesaplanır.

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl} \quad (3.6)$$

Formülde belirtilen m alternatif sayısını ifade eder. \underline{c} değeri, $\frac{1}{m(m-1)}$ ile C Uyum Matrisinde yer alan tüm elemanların toplamı ile elde edilen sonucun çarpımından oluşur. F

Uyum Üstünlük Matrisinin elemanları olan (f_{kl}) değerleri 1 ya da 0 değerlerinden oluşur. Bu matrisin asal köşegeni üzerindeki elemanlara herhangi bir değer yazılmaz. Bu bilgiler doğrultusunda; eğer $c_{kl} \geq \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 1$ ve $c_{kl} < \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 0$ dir.

(G) Uyumsuzluk üstünlük matrisinin boyutu da $(m \times m)$ dir. G matrisinin oluşmasından önce uyumsuzluk eşik değerinin hesaplanması gerekir. Bu eşik değeri (\underline{d}) aşağıda gösterilen (3.7) formülü ile hesaplanabilir:

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl} \quad (3.7)$$

Yani \underline{d} değeri $\frac{1}{m(m-1)}$ ile D Uyumsuzluk Matrisinde yer alan tüm elemanların toplamı ile çarpımına eşittir. G Uyumsuzluk Üstünlük Matrisinin elemanları (g_{kl}) değerleri 1 ya da 0 değerlerinden oluşur. Matrisin asal köşegeni üzerindeki elemanlara değer yazılmaz. Bu bilgiler doğrultusunda; eğer $d_{kl} \geq \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 1$ ve $d_{kl} < \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 0$ dir.

7. Aşama: (E) Toplam Baskınlık Matrisinin Hesaplanması:

(E) Toplam Baskınlık Matrisinin elemanları (e_{kl}) değerleri F Uyum Üstünlük ve G Uyumsuzluk Üstünlük Matrislerinin elemanlarının karşılıklı çarpımı ile oluşur. F ve G Matrislerinin elemanları 1 ve 0 oldukları için E Matrisinin de elemanları 1 ya da 0 olacaktır.

8. Aşama: Öncelikli Alternatiflerin Sırasının Hesaplanması:

E Toplam Baskınlık Matrisinin satır ve sütunları alternatiflerin önceliklerini ifade eder. Örneğin; $e_{21} = 1$ ve $e_{31} = 1$ ise bu 2. alternatifin 1. alternatife ve 3. alternatifin 1. alternatife üstünlüğünü göstermektedir.

3.2. Maksimum Kapsama Problemi (MKP)

Tesis yeri seçim problemlerinin çoğunda arz edenlerin sunduğu hizmete talep noktalarının yakın olması esası vardır. Bir kısım optimum yer seçimi problemlerinde ortalama uzaklıklar minimum yapılmaya çalışılırken, bazılarında bu durum tam tersidir. Örneğin, itfaiye tesislerinin optimum yerinin belirlenmesinde, talebin en kısa zamanda ve en yakın konumdan karşılanması hayati önem taşıdığından çözüm için en uygun hareket uzaklığı ya da konumun tespit edilmesi gerekir. Bu gibi tesislerden talebin tamamını veya tamamına yakını kapsaması beklenir. Bu durumda kapsama problemlerini iki kısımda incelemek mümkündür. Bunlar; talebin tamamını kapsayan model olan Küme Kapsama Problemleri (set covering problems) ve en uygun sayıda talebin kapsanmasını amaçlayan Maksimum Kapsama Problemleri (maximum covering problems) olarak ikiye ayrılır (Owen ve Daskin, 1998).

İlk defa ReVelle ve arkadaşları tarafından 1974' te formülü tespit edilen maksimum kapsama problemlerinin temel amacı, sabit sayıdaki tesisin en uygun servis uzaklığı (Dc) dikkate alınarak maksimum sayıda talebe hizmet sunmasıdır.

Aşağıda Maksimum Kapsama Modelinin işleyişi verilmiştir (ReVelle vd., 1974):

Amaç Fonksiyonu: $\text{Max} \sum_{i \in I} h_i z_i$

Kısıtlar:

$$z_i \leq \sum_{j \in N_i} x_j, \quad \forall i \in I \quad (3.8)$$

$$\sum_{j \in N_i} x_j \leq p, \quad j \in J \quad (3.9)$$

$$X_j \in \{0,1\}, \quad \forall j \in J \quad (3.10)$$

$$Z_i \in \{0,1\}, \quad \forall i \in I \quad (3.11)$$

Karar Değişkenleri:

$$z_i = \begin{cases} 1, & i \text{ nin talebi karşılanıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{tesis } j \text{ aday konuma yerleştirilirse,} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Parametrelerin Tanımı:

h_i = i. konumdaki talep miktarı

N_i = i nin talebini karşılayan aday konumların kümesi

I = talep konumlarının kümesi

J = aday konumların kümesi

Amaç fonksiyonu (3.8), kapsanan talebi maksimum yapmaktadır. (3.8) kısıtı, en uygun servis uzaklığı içinde kapsanabilecek talep konumlarını belirler. (3.9) kısıtı, optimum yerleştirilecek tesislerin sayısını p ile kısıtlar. (3.10) ve (3.11) kısıtları, uygunluk kısıtlarıdır.

4. UYGULAMA: DÜZCE BİLİM MERKEZİNİN OPTİMUM TESİS YERİ SEÇİMİNDE ELECTRE VE MKM YÖNTEMLERİNİN KULLANILMASI

4.1. Araştırmanın Amacı

Toplum açısından, bilim merkezleri bilimin içselleştirilmesinde çok önemli rol oynar. Son çalışmalar birden çok zekâ türü olduğunu ve bu zekâ türlerinin doğru yönlendirildikleri takdirde gelişebileceklerini göstermektedir. Türkiye'deki genç nüfusun sayısal fazlalığı ve bu genç nüfusun matematik, fizik, kimya ve biyoloji gibi alanlarda temel bilgi ve becerileri kazanmalarında, zihinsel yetenekleri doğrultusunda eğitim görmeleri ve nihayetinde başarılı bilim insanları olarak yetişmelerinde bilim merkezlerinin önemli payı vardır. Bilim merkezlerinin yaygınlaştırılması, genç nüfusun zihinsel gelişimlerini tamamlamalarını ve yaşayarak öğrendiklerini gerçek yaşantıya dönüştürmelerinde önemli katkılar sağlayacaktır.

Başlangıçta her büyükşehir için bir bilim merkezi kurulması planlanmıştı. Ancak gelinen nokta itibari ile her ilde kurulması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Fakat bilim merkezlerinin optimum konuma yerleştirilmeleri ilgili yöneticiler açısından önemli bir sorundur.

Bu çalışmada, Düzce'de yapılması planlanan Bilim Merkezi'nin tesis yeri için alternatif beş konum arasından optimum olanının belirlenmesinde, Electre ve MKM yöntemlerinin sonuçları kıyaslanarak optimum yer tespiti amaçlanmıştır. Mülkiyeti Düzce İl Özel İdaresinde olan konumlar arasından bilim merkezi olmaya müsait yerlerin belirlenmesinde, Düzce Valiliği'nde görevli üç yetkili karar verici olarak belirlenmiştir. Karar vericilerin objektif puanlamalarla belirledikleri beş kriter ve ağırlıkları dikkate alınarak analizler gerçekleştirilmiştir.

4.2. Araştırmanın Kapsamı

Çalışma kapsamında, bilim merkezi yapımına uygun alternatif yerler tespit edilirken, diğer illerdeki benzer çalışmalar dikkate alınmıştır. Araştırma konusu, bilim merkezi tesisinin optimum yerleştirilmesi modelinin analizinde Electre yönteminin tercih edilmesinin nedeni; alternatifleri sıralarken uyum, uyumsuzluk ve eşik değerlerini dikkate alan ayrıntılı bir sıralama yapmasındandır. Ayrıca analizlerin tutarlılığı açısından, farklı bir optimizasyon yöntemi olan MKM ile de model analiz edilmiştir.

4.3. Araştırmanın Modeli

Çalışmada problemin yapısına uygun seçilen karar vericilerin yaptıkları sözel değerlendirmeler esas alınarak Düzce Bilim Merkezinin optimum yer seçimi modelinin analizinde, Electre ve MKM yöntemleri kullanılmıştır. Karar vericiler ile ikili görüşmeler yapılmış, kriterler ve alternatifleri karşılıklı kıyaslamaları istenmiş ve bu kıyaslama değerleri dikkate alınarak Electre yönteminin ilk aşaması olan karar matrisi oluşturulmuştur. Bu karar matrisi aynı zamanda MKM yöntem ile gerçekleştirilen analizin ilk veri tablosunu oluşturmuştur. Bu iki yöntem ile bir birinden ayrı yapılan analizlerin sonucunda alternatifler öncelik sırasına göre tespit edilmiştir.

4.4. Karar Vericilerin Tespiti

Düzce Bilim Merkezi tesisinin optimum yerleştirilmesinde karar verici olarak, Düzce Valiliği yetkili birimlerinde görevli üç kişi belirlenmiştir.

4.5. Kriterlerin ve Alternatiflerin Belirlenmesi

Başlangıçta daha fazla olan kriter sayısı, karar vericilerin başlangıçtaki tüm kriterleri 100 puan üzerinden değerlendirmeleri sonucu sıralamaya giren ilk beş kriterin alınması ile objektif bir şekilde tespit edilmiştir. Alternatifler ise Düzce İli Özel İdare mülkiyetinde olan ve bilim merkezi olmaya uygun tüm arazilerdir. Bu kapsamda beş alternatif konum belirlenmiştir.

Bilim Merkezlerinin kuruluş amaçlarına ve 2014 TÜBİTAK Bilim ve Toplum Proje Destek Programında yayımlanan çağrı metnine uygun olarak karar vericiler aşağıda belirtilen kriterleri tespit etmişlerdir:

K1: Bilim Sanat Merkezi ile Etkileşim,

K2: İlgili Üniversite Birimiyle Etkileşim Kolaylığı (Ulaşım, İletişim, vb.),

K3: Fen Lisesi ile Etkileşim Kolaylığı,

K4: Alanın Fiziki Yapısının Uygunluğu

K5: Ulaşım Yeterliği (Şehir İçi ve Şehir Dışı)

Kriterlerin belirlenmesinden sonra karar vericiler bu kriterleri belli ölçülerde içeren Düzce ili merkez ilçede beş alternatif Bilim Merkezi konumu belirlemişlerdir. Bu alternatif konumlar;

A1: Mergiş Bölgesi

A2: Kalıcı Konutlar Çevresindeki Tahsisli Arazi

A3: Aydınpınar Yolu Eski Teknopark Arazisi

A4: Kalıcı Konutlar Merkezi

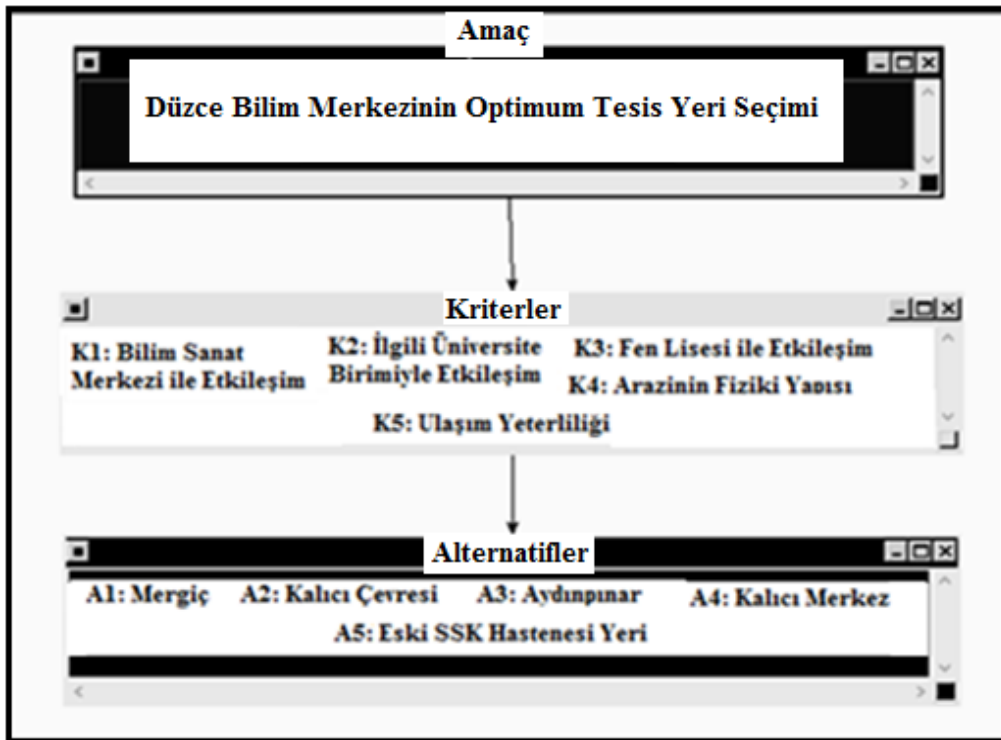
A5: Eski SSK Hastanesi Yeri

4.6. Kriter Ağırlıklarının Tespiti

Düzce Bilim Merkezi optimum yerleşimine ait karar probleminin analizinde kullanılan kriter ağırlıkları literatürde ki benzer çalışmalar ve Düzce' nin Bilim Merkezi ihtiyacı dikkate alınarak karar vericiler tarafından her bir kriterin ayrı ayrı puanlanması ve oluşan sonuçların ortalaması alınmış ve ondalık sayı olarak ifade edilmiştir. Başlangıçta daha fazla olan kriter sayısı karar vericilerin subjektif olarak tüm kriterleri ayrı ayrı puanlayarak değerlendirmeleri sonucunda; en fazla puana sahip ilk beş kriterin alınması şeklinde oluşmuştur. Böylelikle hem kriter sayısı hemde kriterlerin ağırlıkları tespit edilmiştir.

4.7. Karar Analizi Yapısının Oluşturulması

ÇKKV analizlerinin en önemli aşaması analiz modelin oluşturulmasıdır. Bu oluşumda, birinci adım belirlenen amacın açık bir şekilde ortaya konmasıdır. İkinci adımda belirlenen kriterlere yer verilmeli ve üçüncü adımda da alternatifler belirtilmelidir. İfade edilen bu Karar Analizi Modeli Şekil 1' de gösterilmektedir.



Şekil 1: Bilim Merkezi Optimum Kuruluş Yeri Karar Analizi Modeli

4.8. Electre Yöntemi ile Düzce Bilim Merkezinin Optimum Yerleştirilmesi

Önceki başlıklarda belirtildiği üzere karar probleminin kriter ve ağırlıkları tespit edilmiş ve Tablo 1' de ifade edilmiştir.

Tablo 1: Kriterler ve Ağırlıkları

Kriter No	Kriterler		Ağırlıkları
K1	Bilim Sanat Merkezi ile Etkileşim	w ₁	0,300
K2	İlgili Üniversite Birimiyle Etkileşim	w ₂	0,300
K3	Fen Lisesi ile Etkileşim	w ₃	0,200
K4	Alanın Fiziki Yapısının Uygunluğu	w ₄	0,100
K5	Ulaşım Yeterliği	w ₅	0,100

Karar vericiler ilgili alternatifleri belirlenen kriterler çerçevesinde, normalizasyon işleminde kolaylık sağlaması açısından 0-40 arasında puanlamışlar ve bu değerlendirmelerin ortalamaları alınarak Tablo 2’ de ifade edilen değerler elde edilmiştir.

Tablo 2: Karar Marisi

$$A = \begin{bmatrix} 25 & 20 & 30 & 10 & 15 \\ 20 & 25 & 15 & 30 & 10 \\ 15 & 20 & 30 & 25 & 10 \\ 30 & 25 & 20 & 25 & 20 \\ 10 & 15 & 15 & 30 & 25 \end{bmatrix}$$

Tablo 3 de ifade edilen Standart Karar Matrisi değerleri aşağıda (4.1) ile gösterilen formül yardımıyla elde edilmiştir.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (4.1)$$

Örneğin X₁₁ için; $X_{11} = \frac{25}{\sqrt{25^2+20^2+15^2+30^2+10^2}}$ şeklinde elde edilmiştir.

Tablo 3: Standart Karar Matrisi

$$X = \begin{bmatrix} 0.527 & 0.419 & 0.582 & 0.178 & 0.394 \\ 0.421 & 0.524 & 0.291 & 0.534 & 0.262 \\ 0.316 & 0.419 & 0.582 & 0.445 & 0.262 \\ 0.632 & 0.524 & 0.388 & 0.445 & 0.525 \\ 0.211 & 0.314 & 0.291 & 0.534 & 0.655 \end{bmatrix}$$

Belirlenen 5 kriterin Ağırlıklarının Standart Karar Matrisi üzerinde bire bir çarpılması ile bulunan ağırlıklı standart karar matrisi (Y) aşağıda Tablo 4’te gösterilmiştir. Ayrıca

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

formülü dikkate alınarak, örneğin; $W_1 \cdot X_{11} = Y_{11}$ için $Y_{11} = 0.300 \cdot 0.527 = 0.1581$ şeklinde Y₁₁ elemanı hesaplanmıştır.

Tablo 4: Ağırlıklı Standart Karar Matrisi

$$Y = \begin{bmatrix} 0.1581 & 0.1257 & 0.1164 & 0.0178 & 0.0394 \\ 0.1263 & 0.1572 & 0.0582 & 0.0534 & 0.0262 \\ 0.0948 & 0.1257 & 0.1164 & 0.0445 & 0.0262 \\ 0.1896 & 0.1572 & 0.0776 & 0.0445 & 0.0525 \\ 0.0633 & 0.0942 & 0.0582 & 0.0534 & 0.0655 \end{bmatrix}$$

Ağırlıklı standart karar matrisi değerleri belirlendikten sonra diğer aşama uyum ve uyumsuzluk setlerinin oluşturulmasıdır. Alternatiflerin İkili karşılaştırmalarda A_p ve A_q ($1,2,\dots,m$ ve $p \neq q$) uyum kümelerinde A_p alternatifi A_q 'ya göre daha fazla tercih edilir. Bu durumda uyumsuzluk setinde ise A_q bulunur. Bu şekilde tespit edilen uyum ve uyumsuzluk seti Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5: Uyum ve Uyumsuzluk Setleri

Uyum Setleri	Uyumsuzluk Setleri
C (1,2) = {1,3,5}	D (1,2) = {2,4}
C (1,3) = {1,2,3,5}	D (1,3) = {4}
C (1,4) = {3}	D (1,4) = {1,2,4,5}
C (1,5) = {1,2,3}	D (1,5) = {4,5}
C (2,1) = {2,4}	D (2,1) = {1,3,5}
C (2,3) = {1,2,4,5}	D (2,3) = {3}
C (2,4) = {2,4}	D (2,4) = {1,3,5}
.....
C (5,4) = {4,5}	D (5,4) = {1,2,3}

Uyum ve uyumsuzluk setleri kümeleri belirlendikten sonra Uyum Matrisi (C) ve Uyumsuzluk Matrisi (D)'nin hesaplanması gerekir. Hesaplanan uyum ve uyumsuzluk matrisleri sırasıyla Tablo 6 ve Tablo 7'de verilmiştir.

Örneğin C_{12} için; $c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j$ formülü yardımı ile, $C_{12} = (w_1+w_3+w_5)$ bulunur.

Tablo. 6 Uyum Matrisi

$$C = \begin{bmatrix} -0.6 & 0.9 & 0.2 & 0.8 \\ 0.4 & -0.8 & 0.4 & 0.9 \\ 0.6 & 0.3 & -0.3 & 0.8 \\ 0.8 & 0.9 & 0.8 & -0.8 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |y_{kj} - y_{lj}|}{\max_j |y_{kj} - y_{lj}|}$$

formülü kullanılarak D_{12} 'nin hesaplanması aşağıdaki gibidir;

$$D_{12} = \frac{\max (0.0315, 0.0356)}{\max (0.0318, 0.0315, 0.0582, 0.0356, 0.0312)} = \frac{0.0356}{0.0582} = 0.611$$

Tablo 7: (D) Uyumsuzluk Matrisi

$$D = \begin{bmatrix} - & 0.611 & 0.421 & 0.811 & 0.375 \\ 1.000 & - & 1.000 & 1.000 & 0.414 \\ 1.000 & 0.541 & - & 1.000 & 0.675 \\ 1.000 & 0.141 & 0.409 & - & 0.103 \\ 1.000 & 1.000 & 0.541 & 1.000 & - \end{bmatrix}$$

Uyum ve uyumsuzluk matrisleri hesaplandıktan sonra uyum üstünlük ve uyumsuzluk üstünlük matrisleri hesaplanmalıdır. Uyumsuzluk matrislerinin hesaplanması için öncelikle uyum eşik değeri ve uyumsuzluk eşik değerinin bulunması gerekir. Sırasıyla bu değerler (4.2) ve (4.3) formülleri yardımıyla bulunabilir.

$$c = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m c_{kl} \quad (4.2)$$

$$d = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl} \quad (4.3)$$

$$C_{eşik} = \frac{1}{5(5-1)} (0.6 + 0.9 + 0.2 + \dots + 0.2) = 0.575$$

$$D_{eşik} = \frac{1}{5(5-1)} (0.611 + 0.421 + 0.811 + \dots + 1) = 0.702$$

Bu sonuca göre $C_{eşik}$ değeri ile uyum matrisi elemanlarının birebir karşılaştırılması sonucu oluşan matris Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: (F) Uyum Üstünlük Matrisi

$$F = \begin{bmatrix} - & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & - & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & - & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & - & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & - \end{bmatrix}$$

Bu sonuca göre $D_{eşik}$ değeri ile uyumsuzluk matrisi elemanlarının birebir karşılaştırılması sonucu oluşan matris Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9: (G) Uyumsuzluk Üstünlük Matrisi

$$G = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & - & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & - & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & - & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & - \end{bmatrix}$$

(F) Uyum Üstünlük Matrisi ve (G) Uyumsuzluk Üstünlük Matrisleri oluşturulduktan sonra alternatiflerin önem derecelerinin tespit edilmesi için Toplam Baskınlık Matrisinin hesaplanması gerekir. (F) ve (G) matrislerinin satır ve sütunlarının birebir çarpılmasıyla Toplam Baskınlık Matrisi (E) elde edilir. (E) Toplam Üstünlük Matrisi aşağıdaki Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: Toplam Baskınlık Matrisi

$$E = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & - & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & - & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & - & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & - \end{bmatrix}$$

Toplam baskınlık matrisi (E) hesaplandıktan sonra Electre yönteminin son aşaması alternatiflerin önem derecelerinin sıralanmasıdır. Bunun için E matrisindeki satırların toplamının birbirleriyle karşılaştırılması ve E matrisinin elemanları arasında 1 olanlar tek tek incelenmelidir. Bu karşılaştırma ve değerlendirmelerin sonuçları Tablo 11’de ifade edilmiştir.

Tablo 11: Alternatiflerin Önem Sıralaması

No	Yer	Önem Sırası
A4	Kalıcı Konutlar Merkezi	1
A2	Kalıcı Konutlar Çevresi	2
A3	Aydınpınar Eski Teknopark Yeri	3
A1	Mergiç Bölgesi	4
A5	Eski SSK Hastanesi Yeri	5

Tablo 11’de alternatiflerin önem sıralaması belirtilmiştir.

4.9. Maksimum Kapsama Modeli (MKM) ile Düzce Bilim Merkezinin Optimum Yerleştirilmesi

Electre yöntemi ile Düzce Bilim Merkezinin optimum yerleştirilmesi analizinde ilk veri seti olarak kabul edilen Tablo 2 Karar Matrisi, MKM yönteminde de esas alınmıştır. Tablo 2’de yer alan değerlerin kriter ağırlıkları ile çarpılması sonucu Tablo 12 oluşturulmuştur.

Tablo 12. Kriterlerin Ağırlıklı Değerleri

	K1(0.3)	K2(0.3)	K3(0.2)	K4(0.1)	K5(0.1)	W _{toplam}
A1	7.5	6	6	1	1.5	22
A2	6	7.5	3	3	1	21
A3	4.5	6	6	2.5	1	20
A4	9	7.5	4	2.5	2	25
A5	3	4.5	3	3	2.5	16

Tablo 12’de ifade edilen veriler bilim merkezlerinin optimum yerleştirilmesi modelinin MKM ile analiz edilmesinde kullanılacak *Sitation* tesis yerleştirme programında ilgili ara yüzlere kaydedilmiştir. Programda maksimum kapsama mesafesi olarak 10 km esas alınmış, her bir alternatifin koordinatları ilgili ara yüzlere kaydedilmiştir. Tüm verilerin

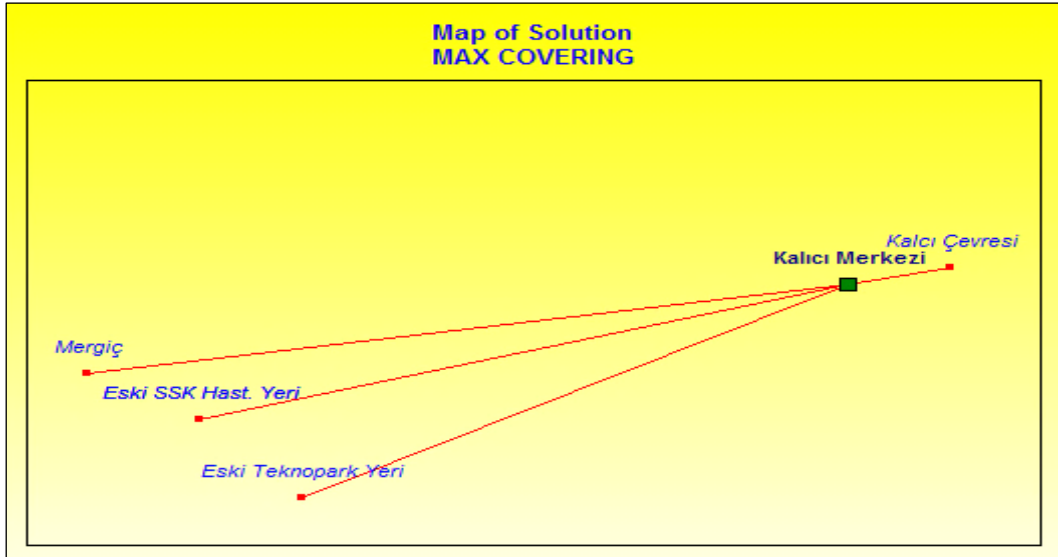
girilmesinden sonra program çalıştırılmış ve aşağıda sırası ile ifade edilen Şekil 2 ve Şekil 3 elde edilmiştir.

Extended Location Summary						
#	=>	Node #	X-Loc	Y-Loc	Coverage	Name
1	=>	4	31.22	40.86	120	Kalıcı Merkezi

Total Covered Demands

Percent Covered Demands

Şekil 2: Bilim Merkezlerinin Dc=10 km için MKM ile Yerleştirilmesi Analizi



Şekil 3: (Dc=10 km) için Optimum Bilim Merkezi Konumunun Haritada Gösterilmesi

Şekil 3 incelendiğinde MKM ile gerçekleştirilen analizler sonucunda (A4) Kalıcı Konutlar Merkezine tesis edilecek Bilim Merkezinin diğer alternatifleri kapsayabildiği, bu yönü ile oluşturulan tesis yerleştirme modelinin ilgili diğer konumlarla maksimum etkileşim sağladığı düşünülmektedir.

4.10. Bulgular ve Yorumlar

Uygulamanın yapıldığı Düzce Bilim Merkezi tesisinin optimum yerleştirilmesi problemine ait veriler Electre yöntemine göre analiz edildiğinde aşağıdaki sıralama bulunmuştur:

1. Kalıcı Konutlar Merkezi
2. Kalıcı Konutlar Çevresi
3. Eski Teknopark yeri
4. Mergiç
5. Eski SSK Hastanesi

Aynı veriler esas alınarak MKM ile gerçekleştirilen analizler sonucunda da aşağıdaki sıralama elde edilmiştir.

- 1- Kalıcı Konutlar Merkezi
- 2- Eski Teknopark yeri
- 3- Mergiç
- 4- Kalıcı Konutlar Çevresi
- 5- Eski SSK Hastanesi

Yukarıda ifade edilen ve iki ayrı optimizasyon yöntemi ile gerçekleştirilen tesis yerleştirme analizine göre Düzce Bilim Merkezinin tesis edileceği en uygun konum A4 (Kalıcı Konutlar Merkezi) olarak tespit edilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilim merkezleri, güncel olaylara bilimsel bakış açısıyla yaklaşabilen, keşfedici düşünebilen ve eğer istenilirse bireylerin kabiliyetleri ölçüsünde buluşlar yapabileceğine inanan kişiler oluşturmayı amaçlarlar. Özellikle küçük yaştan itibaren bireylerin yerinde ve doğru karar almalarında bilimsellikten ayrılmamalarını ve sorumluluk sahibi olmalarına önemli ölçüde katkı sağlarlar. Bu düşünce ile toplumsal fayda açısından bu tür bilimsel tesislerin optimum yerleştirilmesi önem arz eder. Çünkü toplum, bilimsellikten kopmamak adına bu tür merkezlere kolaylıkla ulaşabilmelidir.

Çalışmada Düzce Bilim Merkezi tesisinin optimum yerleşimi problemine bilimsel çözüm aranmıştır. Çalışmanın analizinde kullanılacak değişkenler ağırlıklı olarak nitel olmalarına rağmen her biri ölçülebilir ve kıyaslanabilir olmaları açısından nicel değerlere dönüştürülmüştür. Bu değişkenler esas alınarak ÇKKV yöntemlerinden Electre ve tesis yerleştirme modellerinden Maksimum kapsama yaklaşımları kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda alternatifler öncelik sırasına göre belirlenmiştir.

İki yöntemin sonuçları kıyaslandığında karar vericilerin tespit ettiği kriterler ve ağırlıklarına göre Düzce Bilim Merkezi olmaya müsait en uygun konum A4 (Kalıcı Konutlar Merkezi) olarak belirlenmiştir.

Bu çalışma ile eğitim ve özellikle bilim tesislerinin optimum yerleştirilmesinde ÇKKV yöntemlerinden faydalanılabileceği gösterilmiştir. Optimum yerleştirme sonuçları yetkililer ile paylaşılmıştır. Çalışmanın, eğitim ve bilim tesislerinin yerleştirilmesi problemlerinde birden fazla ÇKKV yönteminin kullanılması yönü ile araştırmacılara rehberlik edeceği düşünülmektedir.

Daha sonra yapılacak çalışmalarda güncel yaklaşımlardan bulanık mantık kökenli veya yapay zeka algoritmalarını içeren hibrit yöntemler kullanılarak bilim merkezlerinin optimum yerleştirilmesi çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Akpınar, N. (2003). Sürdürülebilir Alan Kullanım Planlamasında Alan Kullanım Tiplerine Ait Önceliklerin Simos Prosedürü ve ELECTRE I Yöntemi İle Belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(2), .234–242.
- Akyüz, Y. ve Soba, M. (2013). Electre Yöntemiyle Tekstil Sektöründe Optimal Kuruluş Yeri Seçimi: Uşak İli Örneği, *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, Cilt 9, Sayı 19, S. 185-198
- Arslan, H.M. ve Yıldız, M.S. (2015). Maksimum Kapsama Modeli İle Yaralı Toplanma Noktalarının Konuşlandırılması: Düzce İlinde Bir Lokasyon Analizi, *15. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, Ege Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü, İzmir

- Arık, H., Karaaslan, N. ve Alabaş, Ç. (2012). Maksimum Kapsama Modeliyle Tesis Yeri Seçimi: Perakende Sektöründe Bir Uygulama, *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 16. Cilt, 1. Sayı, s. 24-30.
- Bastı, M. (2012). P-Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımları, *Online Academic Journal of Information Technology*, 47-75
- Correia, I., Nickel, S. ve Saldanha-da-Gama, F. (2009). Single-Assignment Hub Location Problems with Capacity Choice, *CIO – Working Paper*, 9/2009, 4-27
- Çağıl, G. (2011). 2008 Küresel Kriz Sürecinde Türk Bankacılık Sektörünün Finansal Performansının ELECTRE Yönetimi ile Analizi. *Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü Dergisi*, 25(93) 59-86.
- Durak, İ. ve Yıldız, M. S. (2015). P- Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi: Bir Uygulama”, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, C:7, S:2, s. 43-64
- Eleren, A. (2006). Kuruluş Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi ile Belirlenmesi; Deri Sektörü Örneği, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20 (2), S. 405-416
- Ertuğrul, İ., ve Karakaşoğlu, N. (2010). ELECTRE ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme için Bilgisayar Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2), 23-41.
- Evren, R., ve Ülengin F. (1992). Yönetimde karar verme. *İTÜ Yayınları*, İstanbul, Sayı: 1478.
- Hacıoğlu, H.İ., Arı, A., Özkan, A., Elbir, T., Tuncel, G., Yay, O.D. & Gaga, E.O. (2016). A New Approach for Site Selection of Air Quality Monitoring Stations: Multi-Criteria Decision Making, *Aerosol and Air Quality Research*, 16, 1390-1402.
- Hâkimi, S.L. (1964). Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems, *Operations Research* Vol.13, No:3, 462-475
- Jamshidi, M. (2009). Median Location Problem, Facility Location: Concepts, Models, Algorithms and Case Studies, (Ed. by. R.Z. Farahani and M. Hekmatfar), *Physica- Verlag Heidelberg*, 177-191
- Karacasu, M. (2007). Kent içi Toplu Taşıma Yatırımlarının Değerlendirilmesinde Karar Destek Modeli (Electre Yöntemi) Kullanımı, *7. Ulaştırma Kongresi*, (s. 155-164), İstanbul.
- Keleş, M. K. ve Tunca, M. Z. (2015). Hiyerarşik Electre Yönteminin Teknokent Seçiminde Kullanımı Üzerine Bir Çalışma, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C.20, S.1, S.199-223
- Kılıçoğulları, P., Özcan, B. ve Ertuğ, B. (2009). Bir Akaryakıt İstasyonu Seçiminde Electre Yönteminin Kullanılması, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi
- Kulluk, S. ve Türkbey, O. (2004). Tesis Yerleşimi Problemi için bir Genetik Algoritma, *Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği XXIV Ulusal Kongresi*, 15-18
- Owen, S.H. and Daskin, M.S. (1998). Strategic Facility Location: A Review, *European Journal of Operational Research*, 111 (3), 423-447
- Ömürbek, N. ve Mercan, Y. (2014). İmalat Alt Sektörlerinin Finansal Performanslarının TOPSİS ve ELECTRE Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4(1), 237-266.
- Özkan, A. (2008). Kentsel Katı Atık Yönetim Sistemlerinin Oluşturulmasında Farklı Karar Verme Tekniklerinin Kullanımı, (Doktora Tezi), Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- ReVelle, C., Bigman, D., Schilling, D., Cohon, J. and Church, R. (1977). Facility Location: A Review of Context-Free and EMS Models, *Health Services Research*, 12 (2), 129- 146.

- Sawadoga M., and Anciaux D., (2010). Reducing the Environmental Impacts Of Intermodal Transportation. A Multi-Criteria Analysis Based on Electre and AHP Methods, *3rd International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain Creating value through green supply chains*, April 14-16, Casablanca, Morocco. pp. 224.
- Soner, S., & Önüt, S. (2006). Çok Kriterli Tedarik Seçimi: Bir ELECTRE – AHP Uygulaması. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 110–120.
- Şevkli, M. (2010). An Application of The Fuzzy ELECTRE Method for Supplier Selection, *International Journal of Production Research*, 48(12): 3393–3405.
- Şimşek, K. (2016). Analitik Hiyerarşi Süreci ve Electre Yöntemi İle Tekstil Sektöründe Kuruluş Yeri Seçimi, *Uluslararası Katılımlı 16. Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, İstanbul Teknik Üniversitesi – İşletme Fakültesi
- Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria Decision Making Methods, Springer
- Tulunay, Y. (1980). Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları, s:743, Sermet Matbaası, İstanbul.
- Yürekli, H. (2008). Taarruz Helikopterleri Seçiminde Electre Yönteminin Kullanılması, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı Doktora Tezi*, İstanbul.
- Yürük, F. ve Erdoğan, P. (2015). Düzce İlinin Hayvansal Atıklardan Üretilebilecek Biyogaz Potansiyeli ve K-Means Kümeleme İle Optimum Tesis Konumunun Belirlenmesi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, Cilt 4, Sayı 1, 47-56, 2015