

## RİSK TABANLI TESİS YERİ SEÇİMİ PROBLEMİ: GÜVENLİK SEKTÖRÜ İÇİN BİR UYGULAMA

**Dr. Hamit ERDAL**

Atatürk Üniversitesi, SBE, (hamit\_erdal@hotmail.com)

### ÖZET

*Güvenlik güçleri savaş, terörizmle mücadele, toplumsal olaylara müdahale ile emniyet ve asayiş hizmetlerini yerine getirebilmeleri için güvenlik malzemelerine ihtiyaç duyarlar. Güvenlik malzemeleri silah sistemlerinde kullanılan öldürücü olan veya olmayan mermiler, gaz mühimmatları vb. taşınması, depolanması ve kullanılması için kendisine has özellikleri bulunan malzemelerdir. Bu çalışmada güvenlik güçleri tarafından kullanılan güvenlik malzemeleri deposunun yeniden konuşlandırılması için Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSIS yöntemi bütünlük olarak kullanılmıştır. Uzmanlar tarafından belirlenen risk kriterinin ağırlıklarının belirlenmesi için Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi ve risk kriterlerine göre en uygun güvenlik malzemeleri depo yeri seçimi için TOPSIS yönteminden istifade edilmiştir. Çalışmanın sonunda en uygun depo yeri olarak Kırıkkale ili belirlenmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** *Güvenlik Malzemeleri, Yer Seçimi Problemi, Analitik Hiyerarşi Süreci, TOPSIS.*

## RISK BASED FACILITY LOCATION PROBLEM: AN APPLICATION FOR SECURITY SECTOR

### ABSTRACT

*Security forces need security materials in time of wars, for fighting against terrorism, for intervention to social events, and perform safety and security duties. Security materials used in weapon systems, mortal or non-mortal bullets, gas ammunition, etc., are materials that have their own characteristics for transportation, storage and usage. In this study, the Analytical Hierarchy Process and the TOPSIS method were integrated to relocate the security materials depot used by the security forces. In order to calculate the weights of the risk criteria determined by the experts, the Analytical Hierarchy Process method and to select the most suitable Security materials depot location according to the risk criteria, the TOPSIS method were utilized. As a result of the study, Kırıkkale province has been determined the most suitable depot location.*

**Keywords:** *Security Materials, Location Problem, Analytic Hierarchy Process, TOPSIS.*

## 1. Giriş ve Problemin Tanımı

Güvenlik güçlerinin görevlerini ve eğitimlerini etkin bir şekilde yerine getirilebilmesi için güvenlik malzeme (GM)'lerinin ihtiyaç duyulan zamanda, miktarda ve yerde hazır bulundurulması gerekmektedir (Korucuk & Erdal, 2015: 35).

Güvenlik güçlerinin mevcut GM deposu uzun süredir ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Ancak, son yıllarda mevcut deponun bulunduğu bölgedeki yoğun yapılaşma nedeniyle, muhtemel can ve mal kayıplarının önüne geçmek için bu deponun yeniden konuşlandırılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Uzmanlarla yapılan görüşmeler neticesinde mevcut deponun yerleştirilmesi için bilimsel esasların dikkate alındığı bir çalışma yapılmadığı ve bu amaçla geliştirilmiş herhangi bir metodoloji veya karar destek sistemi bulunmadığı öğrenilmiştir. Ayrıca, yapılan literatür taramasında gerek yurt içi, gerekse Birleşmiş Milletler ve NATO dokümanlarında, GM depolarının yerlerinin belirlenmesinde ilişkin bir metodoloji ya da standart belirlenmediği tespit edilmiştir. İlgili talimname ve standartların, GM'lerin depolanma koşulları, bakım ve emniyeti üzerine odaklandığı tespit edilmiştir.

Yukarıda sıralanan sebeplerle, GM deposunun yeniden konuşlandırılması için uzman değerlendirmelerine göre Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemlerinin bütünlük olarak kullanıldığı risk tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir. Bu kapsamda potansiyel depo yerlerinin risk kriter ağırlıklarının belirlenmesi için AHP, en uygun depo yerinin seçilmesi için ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Literatürde yapılan benzer çalışmalarda; (1) riskten ziyade maliyet ve talebin karşılanması amaçlarının öne çıkması nedeniyle, istenmeyen tesis yeri seçimi probleminin alt problemi olan GM tesis yeri seçimi probleminin risk tabanlı olarak ele alındığı daha kapsamlı başkaca bir çalışmaya rastlanmaması, (2) probleminin barındırdığı belirsizlik ve riskler nedeniyle literatürün genelinde olduğu gibi deterministik veriler ile matematiksel/sezgisel modeller ve simülasyon yönteminin gerçek hayat problemlerini tam olarak yansıtmayacağı gerekçeleriyle bu çalışmada ele alınan problem için ilk defa AHP-TOPSIS yöntemleri bütünlük olarak kullanılmıştır.

Mevcut GM deposu Ankara ilinde konşludur. Yurt içi ve yut dışı tedarik kaynaklarından tedariki sağlanan GM'lerin tamamı, öncelikle bu depoda gruplandırma ve sınıflandırma işlemlerine tâbi tutulmakta; daha sonra, her ilde bulunan güvenlik güçlerine sevk edilmektedir. Yapılan sevkiyatlarda kara ve hava yolları ile tren hatları kullanılmaktadır.

Bu çerçevede, GM deposu yeri seçimi için dikkate alınması gereken faktörler, uzman görüşlerine dayanılarak belirlenmiştir. Görüşmeler neticesinde, (1) deprem, sel ve su baskını, heyelan ve çığ afetleri için birinci derece afet bölgeleri; (2) sınırlara en yakın iller ve (3) terör olaylarının en fazla yaşandığı iller, birinci derece risk bölgeleri olarak kabul edilmiş ve bu kriterlerden en az birini taşıyan illerde depo kurulmaması gerektiği değerlendirilmiştir. Bunun nedeni, söz konusu deponun bütün illerde konuşlu güvenlik güçlerinin ihtiyaçlarını karşılayan tek ana depo olması ve bu depodan sağlanan sevkiyatın hiçbir şekilde aksamaması gerektiği düşüncesidir.

Sonuç olarak; birinci derece afet riski taşıyan iller (AFAD, 2017), en fazla terör olayının yaşandığı iller (İçişleri Bakanlığı, 2017) ve sınır hattındaki iller (GoogleMaps uygulamasıyla) belirlenmiş ve depo yeri olarak belirlenmemesi için elenmiştir. Bu sayede GM deposunun inşa edilebileceği alternatif iller Afyon, Ankara, Çankırı, Eskişehir, Kayseri, Konya, Nevşehir, Niğde, Sivas, Yozgat, Aksaray, Karaman ve Kırıkkale olarak belirlenmiştir.

Birinci derece risk taşımamasına rağmen ulaşılamama/kullanılamaz hale gelme risklerini en aza indirmek için GM deposu kurulabilecek iller için bir risk değerlendirilmesi yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, (1) afetsellik (deprem, sel ve su baskını, heyelan ve çığ), (2) iklimsellik (dolu, kar, fırtına ve yıldırım), (3) kaza riski (trafik, uçak ve tren kazası riski), (4) ulaşım durumu (tren istasyonlarına ve havalimanlarına uzaklık), (5) sınırlara uzaklık ve (6) nüfus yoğunluğu kriterlerinin dikkate alınması gerektiği uygun değerlendirilmiştir. Bu risk kriterlerine göre en az risk barındıran alternatif ilin belirlenerek GM depo yerinin yeniden konuşlandırılması için karar desteği sağlanması talep edilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde GM depo yeri seçimi konusunda literatürde daha önce yapılan çalışmalar taranmış, üçüncü bölümünde AHP ve TOPSIS yöntemleri kısaca tanıtılmış, dördüncü bölümünde güvenlik güçleri için uygun depo yeri seçimi problemi için uygulama yapılmış, gelecek çalışmalara önerilerinde bulunduğu sonuç bölümüyle çalışma sonlandırılmıştır.

## **2. Literatür Taraması**

Genel olarak tesis yeri seçimi problemi ile benzer karakteristiklere sahip olmasına rağmen GM depo yeri istenmeyen tesis (NIMBY-Not In My Back Yard) özelinde konuşlandırılması gerekmesi nedeniyle bir takım zorluklar içermektedir.

İstenmeyen tesisler, çevresinde yaşayan/bulunan canlı ve cansız varlıklar için olumsuz/riskli bazı etkileri olan/olabilen tesislerdir. İstenmeyen tesis yerleşim problemlerinin ele alındığı çalışmaların temelinde de, bu nedenle, bu tip tesislerden kaynaklanan risk ve maliyetleri minimize etmek amacıyla, tesisleri nüfus yoğun bölgelerden mümkün olabildiğince uzağa konumlandırmaya çalışılmaktadır. Örneğin nükleer santraller, ceza infaz kurumları, mühimmat üretim ve depolama tesisleri bu tip tesisler kapsamında değerlendirilebilir (Farahani vd., 2009:348).

Literatürde tesis yeri seçimi pek çok çalışma bulunmasına rağmen GM depo yeri seçimi konusunda sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Literatürde, GM'lere yönelik yapılan çalışmaların; atama, yer seçimi, yerleştirme-atama, araç rotalama, araç rotalama-çizelgeleme, yerleştirme-arac rotalama, stok yönetimi, üretim zamanı/miktarı belirleme, tersine lojistik ve sistem (performans) analizi problemleri üzerine yoğunlaştığı belirlenmiştir. Bunlar arasından içerisinde yerleştirme kararı verilen yayınlar seçilerek aşağıda sunulmuştur.

Çağrı (2007), kurulacak GM depolarının yerlerinin belirlenmesi problemini sürekli tesis yeri seçimi problemi olarak ele almış ve çözüm için genetik algoritma önermiştir. Çalışmada; tek kaynaklı, tek ürünlü, iki katmanlı, tesislerin tek katmana yerleştirildiği, statik ve deterministik bir problem ele alınmıştır. İlk kurulum ve taşımalarından kaynaklanan toplam maliyetlerin minimizeasyonu amaçlanmıştır. Halen var olan ve bu nedenle kurulum maliyeti

gerektirmeyen depolar, çeşitli senaryolar ile modele dâhil edilerek, depo yeri seçimi için çözüm aranmıştır.

Farahani & Asgari (2007) güvenlik güçlerine GM desteği sağlayabilmek için minimum sayıda üs açmak ve maksimum hizmet sağlayabilmek, amaçlarıyla lojistik destek üssü yer seçimi konusunda çalışmıştır. Çok amaçlı küme kaplama problemi olarak ele alınan lojistik destek üssü yer seçimi problemi; karmaşık yapısı ve büyüklüğü nedeniyle, bir önceki aşamada elde edilen değişken değerlerinin bir sonraki aşamanın parametreleri olacak şekilde kullanıldığı aşamalı bir yaklaşımla çözülmüştür. Önerilen modelde ÇKKV tekniklerinden TOPSIS, küme kaplama, 0-1 tamsayılı programlama ve karesel atama yaklaşımları kullanılmıştır. TOPSIS ile lojistik üslerinin depolama koşulları değerlendirilmiş ve küme kaplama modeli ile optimal üs yerleri belirlenmiştir. 0-1 tamsayılı programlama ve karesel atama modeli ile birlik-depo atamaları belirlenmiştir.

Güzel & Erdal (2015) çalışmalarında GM depo yeri seçimi için 6 temel kriter ile 4 alternatif kuruluş yeri için karşılaştırmalı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Yazarlar çalışmalarında bulanık VIKOR ve Bulanık TOPSIS yöntemleriyle uygun depo yerini belirlemiş ve çözüm sonuçlarını karşılaştırmıştır.

GM'ler, Gue (2003), Bell (2003), Toyoğlu vd. (2011) ve Erdal (2014) tarafından, yerleştirme-atama problemi olarak ele alınmıştır. Gue (2003), minimum stok seviyesi ile bir muharebeyi desteklemek için çok dönemli, çok ürünli bir karışık tamsayılı programlama modeli önermiştir. Modelinde, karayolu tabanlı bir dağıtım sistemi için havayolu ve karayolu taşımacılığı ile desteklenen bir akış önermiştir.

Bell (2003), ABD Hava Kuvvetleri birliklerinin harekât ihtiyacı olarak önceden konuşlandırılması gereken GM talepleri için GM deposu yer seçimi ve birlik-depo atamalarının belirlenmesi amacıyla; çok kaynaklı, çok ürünli bir problem ele almıştır. Çalışmada, maliyet minimizasyonunun yanında coğrafi olarak uygun bölgelerin belirlenmesi amaçları için bir kaplama modeli önermiştir. Yazar, problemin çözümü için bir tavlama benzetimi sezgisel geliştirmiş ve açılması/kapatılması gereken depo yerleri ile atamaları belirlemiştir.

Toyoğlu vd. (2011)'nin çalışması literatürde karşılaşılan en kapsamlı çalışmalardan biridir. Çalışmada; çok ürünli, çok kaynaklı, çok dönemli, depo ve farklı araç kapasitelerinin göz önüne alındığı, üç katmanlı, tesislerin iki katmana yerleştirildiği bir problem ele alınmıştır. Çalışmada, ayrıt tabanlı ve düğüm tabanlı olmak üzere iki model geliştirilmiştir. Bu modeller temel alınarak yerleştirme-atama ve yerleştirme-araç rotalama problemleri ele alınmıştır. Hesaplama sonuçları, önerilen yöntemler sayesinde karmaşık gerçek problemlerin makul zamanlar içerisinde çözülebildiğini göstermiştir. Çalışmada ayrıca, muharebe boyunca birbirini izleyen zaman aralıklarında dağıtım ağını tasarlayan, dinamik bir model geliştirilmiş ve statik modelden dinamik ortamlarda nasıl faydalanılabileceği gösterilmiştir.

Literatürde GM'ler için yapılan ve yerleştirme-atama problemi olarak tasarlanan en kapsamlı çalışma Erdal (2014)'in çalışmasıdır. Yazar çalışmasında, kaynak noktaları, ana depolar, bölgesel depolar ve güvenlik güçlerinin oluşturduğu dört katmanlı bir problem ele alınmış ve yerleştirme kararları iki katman üzerinde gerçekleştirilmiştir. Diğer yandan, literatürde ele alınan çalışmalarda, ağ yapısı genellikle standart olarak ele alınmaktadır. Bu

standart yapı içinde, her katmandaki düğümlerin fonksiyonları aynıdır. Örneğin, fabrika ve depolardan oluşan bir ağ yapısının tasarımı yapıyorsa, birinci katmandaki düğümler fabrikaları, ikinci katmandaki düğümler ise depoları temsil etmekte ve akış birinci katmandan ikinci katmana olmaktadır. Bu yapı, standart akış dengesi kısıtları ile kolaylıkla modellenilebilir. Erdal (2014)'ün çalışması kapsamında ele alınan problemde ise, aynı katmandaki düğümler farklı fonksiyonları yerine getirmektedir. Örneğin, potansiyel bir düğüm noktası, depo yeri olarak seçilirse depo, depo yeri olarak seçilmezse talep noktası işlevini görmektedir. Bu durumu, standart akış dengesi kısıtları ile modellemek mümkün değildir çünkü aynı katman içindeki düğümler arasında akışa müsaade edilmesi gerekmektedir. Bu durum aslında, katmanlar arasında net bir ayırım yapılmasına da engel teşkil etmektedir. Sonuç olarak, ağ tasarımı daha genel bir ağ yapısı içinde ele alındığından düğümler arasındaki akışları modellenmesi daha zor hale gelmektedir.

Cain (1988), problemi yerleştirme-araç rotalama problemi olarak ele almıştır. Yazar, ABD ordusu için kolordu seviyesinde, savaş zamanı GM dağıtım modeli önermiştir. Hava-kara muharebeleri için GM akışının kesintisiz sağlanması amacıyla GM depolarının uygun konumlara yerleştirildiği ve etkili bir dağıtım ağının tasarlandığı çalışmada bir dinamik karışık tamsayılı programlama modeli ve bir sezgisel geliştirmiştir.

Yukarıda sıralanan çalışmaların çoğunda deterministik veriler kullanılarak matematiksel/sezgisel modeller ve simülasyon yöntemi kullanılmıştır. İstenmeyen tesis yerleşim probleminin barındırdığı belirsizlik ve riskler nedeniyle deterministik yaklaşımların gerçek hayat problemlerini tam olarak yansıtamayacağı değerlendirilmiş, bu temel gerekçeyle, bu çalışmada, ÇKKV yöntemlerinden istifade edilmiştir.

Literatürde sadece iki çalışmada (Farahani & Asgari, 2007; Güzel & Erdal, 2015) ÇKKV yöntemlerinden istifade edildiği tespit edilmiş olup, Farahani & Asgari (2007)'nin çalışmasında yer seçiminden ziyade askeri depoların depolama koşullarının uygunluğu TOPSIS yöntemiyle saptanarak, matematiksel modele girdi sağlanmıştır. Yer seçimi kararı yine diğer çalışmalarda olduğu şekilde önerilen matematiksel model sayesinde belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada sadece depolama koşullarının riskliliği incelenmiş, tesis yerleşimine bağlı riskler göz ardı edilmiştir. Diğer çalışma olan Güzel & Erdal (2015)'in çalışmasında ise daha çok kullanılan bulanık VIKOR ve bulanık TOSIS yöntemlerinin performansları karşılaştırılmış ve sadece 6 temel kriter ve 4 alternatif kuruluş yeri değerlendirilmeye alınmıştır.

Ayrıca diğer çalışmalarda, riskten ziyade maliyet ve talebin karşılanması amaçlarının öne çıkması nedeniyle, istenmeyen tesis yeri seçimi probleminin alt problemi olan GM tesis yeri seçimi probleminin risk tabanlı olarak ele alındığı daha kapsamlı başkaca bir çalışmaya rastlanmamıştır.

### **3. Yöntemler**

Bu bölümde, çalışmada kullanılan AHP ve TOPSIS yöntemleri kısaca tanıtılmıştır.

#### **3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci**

AHP, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen, nitel ve nicel kriterlerin bir arada değerlendirilebildiği ve grup karar vermeyi mümkün kılan ÇKKV tekniklerinden biridir (Erdal

& Akgün, 2014).

Salt nicel yöntemlerden ayrı olarak AHP, subjektif kriterleri de değerlendirmeye alabilmektedir. Yöntemde problem, hiyerarşik bir yapıda ele alır ve ikili karşılaştırma mantığına dayanır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda AHP'nin diğer yöntemlerle bütünleştirilerek uygulanmasında da artış görülmektedir (Yapraklı & Erdal, 2015:488-489).

Yöntemin uygulama adımları aşağıda tanımlanmıştır (Erdal, 2014:56-62; Yapraklı & Erdal, 2015: 489-490; Güzel & Erdal, 470-471).

*Adım 1: Karar verme probleminin tanımlanması.*

Karar verme probleminin tanımlanması, iki aşamadan oluşur. Birinci aşamada alternatifler saptanır. İkinci aşamada ise alternatifleri etkileyen kriterler saptanır.

*Adım 2: Karar kriterleri arasında karşılaştırma matrisinin oluşturulması.*

Bu matris, nxn boyutlu kare bir matristir. Karşılaştırmalar için Saaty'nin 1-9 ölçeği kullanılır (Saaty, 2008:125). Bu aşama yöntemin temelini oluşturduğundan en önemli adımdır.

*Adım 3: Karar kriterlerin önem (yüzde) dağılımlarının belirlenmesi.*

Bu adımda önem dağılımlarının belirlenmesi amacıyla, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörleri kullanılır. Bu sayede n sayıda ve n bileşenli sütun vektörü (B) elde edilir. Sütun vektörlerinin hesaplanmasında Denklem (1)'den istifade edilir.

$$B_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

n sayıda B sütun vektörü, bir araya getirilerek aşağıdaki C matrisi oluşturulur.

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1} & C_{n2} & \cdots & C_{nn} \end{bmatrix}$$

C matrisi ile kriterlerin birbirlerine göre önem derecelerini ifade eden yüzde önem dağılımları bulunur. Bunun için Denklem (2) kullanılarak C matrisini meydana getiren satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması hesaplanır ve Öncelik Vektörü olarak isimlendirilen W sütun vektörü oluşturulur.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{n} \quad (2)$$

*Adım 4: Kriter karşılaştırmalarındaki tutarlılığın ölçülmesi.*

AHP her ne kadar tutarlı bir hesaplama sistematige sahip olsa da, sonuçların gerçekçiliği, karar vericinin kriterler arasında yaptığı karşılaştırmalardaki tutarlılığa bağlıdır. AHP yönteminin kullanıldığı çalışmalarda karar kriterlerinin ve karar alternatiflerinin 7±2 kuralına (Saaty & Özdemir, 2003) uygun olması zorunludur. Uygun olmaması durumunda Aksi taktirde modelinin tutarsızlık oranı 0,10'den büyük olacağından tutarsızlığa yol açacaktır. Tutarlılık Oranı (CR) kriter sayısı ile Temel Değer adı verilen (I) katsayının karşılaştırılması prensibine göre elde edilir. I'nın hesaplanması için karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörü matris çarpımı yapılarak D sütun vektörü oluşturulur.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Denklem (3) sayesinde, D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümü ile karar kriteri için temel değer (E) hesaplanır. Hesaplanan bu değerlerin Denklem (4) ile aritmetik ortalaması alınarak karşılaştırmaya ilişkin temel değer (I) bulunur.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4)$$

I hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI), Denklem (5) ile hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (5)$$

Sonuç olarak CI, Random Gösterge (RI)'ye bölünerek (Denklem (6)) CR değeri hesaplanır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

CR'nin 0,10'dan küçük olması değerlendirmelerine başvuru uzmanların/karar vericinin yaptığı ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğunu, 0,10'dan büyük olması ise işlem adımlarında yapılan bir hesaplama hatasını veya ikili karşılaştırmalardaki tutarsızlığı gösterir.

### 3.2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi, ideal (pozitif) ve negatif ideal çözümlere uzaklık temelinde matematiksel altyapısı ve kolay hesaplama prosedürü ile yaygın kullanım alanı bulan bir ÇKKV yöntemidir (Güzel & Erdal, 2015:470).

Yöntemde, negatif ideal çözüm tüm en kötü karar kriter ağırlıklarının, pozitif ideal çözüm ise tüm en iyi karar kriter ağırlıklarının birleşiminden oluşmaktadır. Pozitif ideal çözüm, fayda yönlü karar kriterleri en iyileyen, maliyet yönlü karar kriterini ise en küçükleyen çözümdür. Negatif ideal tam tersidir. Pozitif ideal çözüm uygulanamaz veya ulaşılamazsa ideale en yakın nokta seçilir. Bu yakınlıklar yardımıyla elde edilen yakınlık katsayıları kullanılarak da bir üstünlük sıralaması yapılır (Erdal, 2014: 62).

Aşağıda TOPSIS yönteminin adımları tanıtılmıştır (Erdal, 2014: 62-65; Demirdöğen vd., 2015: 4884; Güzel & Erdal, 2015:472-474):

*Adım 1: Karar matrisi (A)'nin oluşturulması.*

Bu matrisin satırlarında üstünlüklerine göre sıralanmak istenen karar alternatifleri, sütunlarında da değerlendirme kriterleri bulunur. A matrisi karar vericiler/uzmanlarca hazırlanan başlangıç matrisidir. A matrisinde m alternatif sayısını, n karar kriteri sayısını ifade etmekte olup, matrisin gösterimi şu şekildedir.

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

*Adım 2: Standart karar matrisi (R)'nin oluşturulması.*

R matrisi, Denklem (7) ile A matrisinin elemanlarından istifade ile oluşturulur. Elde edilen R matrisi aşağıdaki gibidir.

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}, \quad r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (7)$$

*Adım 3: Ağırlıklandırılmış standart karar matrisi (V)'nin oluşturulması.*

Öncelikle her bir karar kriterleri için kriter ağırlıkları  $w_i$  belirlenir ( $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ ). Bu değer karar vericilerden elde edilebileceği gibi bizim problemimizde olduğu gibi bütünlük çalışmalarda farklı yöntemler kullanılarak da elde edilebilir. Ardından R matrisinde bulunan her bir sütun elemanı, ilgili  $w_i$  değeri ile çarpılarak V matrisi elde edilir. V matrisinin gösterimi şu şekildedir.

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$



*Adım 4: Pozitif ideal ( $A^*$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözüm setlerinin oluşturulması.*

Pozitif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış karar kriterlerinin, yani sütun değerlerinin en büyükleri (maliyet yapılı ise en küçüğü) seçilir. Negatif ideal çözüm için ise en küçükleri seçilir. Pozitif İdeal çözüm seti Denklem (8) ile, negatif ideal çözüm seti ise Denklem (9) ile elde edilir.

$$A^* = \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\}, A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\} \quad (8)$$

$$A^- = \left\{ \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\}, A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} \quad (9)$$

Her iki denklemde de J fayda (maksimizasyon), J' ise maliyet (minimizasyon) değerini ifade eder. Tüm çözüm setleri, karar kriteri sayısı kadar elemandan oluşur.

*Adım 5: Sapma değerlerinin hesaplanması.*

Her bir alternatife ilişkin karar kriter değerinin pozitif ve negatif ideal çözüm setinden sapma değerlerinin hesaplanabilmesi için euclidian uzaklık yaklaşımından yararlanılır. Elde edilen alternatiflere ilişkin sapma değerleri ise pozitif ideal sapma  $S_i^*$  ve negatif ideal sapma  $S_i^-$  değerleri olarak adlandırılmaktadır.  $S_i^*$  değeri Denklem (10),  $S_i^-$  değeri ise Denklem (11) ile hesaplanır. Burada hesaplanacak  $S_i^*$  ve  $S_i^-$  sayısı doğal olarak alternatif sayısı kadar olacaktır.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (10)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (11)$$

*Adım 6: İdeal çözüme görelî yakınlığın hesaplanması.*

Her bir alternatifin ideal çözüme görelî yakınlığının ( $C_i^*$ ) hesaplanmasında pozitif ve negatif ideal sapma değerlerinden faydalanılır. Bu adımda yararlanılan ölçüt, negatif ideal sapma değerinin toplam sapma değeri içindeki payıdır.  $C_i^*$  değerinin hesaplanması Denklem (12)'de gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (12)$$

Denklem (12)'de  $C_i^*$  değeri 0-1 aralığındadır ve  $C_i^* = 1$  söz konusu karar alternatifinin pozitif ideal çözüme,  $C_i^* = 0$  söz konusu karar alternatifinin negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

#### 4. Güvenlik Sektörü için Uygulama

Bu çalışmada, AHP hiyerarşisi 7±2 kuralına uygun olarak oluşturulmasına rağmen potansiyel depo sayısının 13 olması, alternatif depo yerlerinin karşılaştırılması sırasında tutarsızlığa neden olabileceğinden, AHP ile yalnızca karar kriter ağırlıkları tespit edilmiş, tespit edilen ağırlıklar ile TOPSIS yönteminde kullanılan kriter ağırlıkları için girdi sağlanmıştır. Şimdi sırasıyla AHP ve TOPSIS hesaplamaları yapılarak risk kriterlerine göre uygun GM depo yeri belirlenecektir.

##### 4.1. AHP Hesaplamaları

Bu çalışmada GM depo yerinin seçilmesi için uzmanlarca belirlenen ve Giriş ve Problemin Tanımı bölümünde sunulan karar kriter ve alternatifleri kullanılmıştır. Karar kriterlerinin belirlenmesi sürecinde 7±2 kuralına uyulmuştur. Uzmanlarla gerçekleştirilen yüz yüze görüşmeler sonucunda karar kriter ve alternatiflerinin uygunluğu konusunda fikir birliği sağlanmıştır. Problemimiz için belirlenen AHP hiyerarşisi (hedef, ana kriterler ve alt kriterleri gösteren) Şekil 1.'de sunulmuştur.

Karar problemimiz için Şekil 1.'de görüldüğü şekilde üç seviyeli bir hiyerarşi kullanılmıştır. Her bir ana karar kriteri farklı sayılarda alt karar kriterinden oluşmaktadır. Model "negatif fayda/maliyet" yapılı olarak dizayn edilmiştir. Fayda yapılı olarak tasarlanan bir AHP modelinde karar kriterlerinin ve karar alternatiflerinin karşılaştırılma soruları en çok puanı

Şekil 1: AHP Hiyerarşisinin Gösterimi



alanın en iyi karar alternatifini olması üzerine inşa edilir. Bu çalışmada ise risk kriter puanları elde edileceğinden; ağırlığı en fazla olan kriter, en fazla risk katsayısına neden olmaktadır. Bu nedenle karşılaştırma sorularına olumsuz bir bakış açısıyla cevap verilmesi sağlanmıştır.

Karar vericiler/uzmanlar tarafından belirlenen karar kriterlerinin birbirine karşı üstünlükleri ikili karşılaştırmalar yoluyla Expert Choice programına aktarılmıştır. En başta ana karar kriterleri kendi aralarında, ardından her bir ana kriterin alt kriterlerinin kendi aralarında ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan ikili karşılaştırmalar sürecinde karar verici/uzman değerlendirmelerinin geometrik ortalaması hesaplanarak, programa tek bir veri girişi sağlanmıştır. Tablo 1.'de ana kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi örnek olarak sunulmuştur.

**Tablo 1: Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi**

	Afetsellik	İklimsellik	Sınırlara Uzaklık	Nüfus Yoğunluğu	Ulaşım Durumu	Kaza Riski
Afetsellik		9	2	6	4	6
İklimsellik	1/9		1/6	1/2	1/3	1/2
Sınırlara Uzaklık	1/2	6		3	2	3
Nüfus Yoğunluğu	1/6	2	1/3		1/2	2
Ulaşım Durumu	1/4	3	1/2	2		2
Kaza Riski	1/6	2	1/3	1/2	1/2	

Tablo 2.'de ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen ana ve alt kriterlerin önem dereceleri sunulmuştur. Ana kriterlerin önem dereceleri değerlendirildiğinde; sırasıyla "Afetsellik, Sınırlara Uzaklık, Ulaşım Durumu, Kaza Riski, Nüfus Yoğunluğu ve İklimsellik" şeklinde olduğu görülmektedir.

**Tablo 2: Modelin Çözümü**

Ana Kriterler	Ağırlıklar	Alt Kriterler	Lokal Ağırlıklar	Global Ağırlıklar
Afetsellik	0,445	Deprem	0,587	0,262
		Sel ve Su Baskını	0,218	0,097
		Heyelan	0,123	0,055
		Çığ	0,072	0,032
İklimsellik	0,041	Dolu	0,045	0,002
		Kar	0,175	0,007
		Fırtına	0,494	0,020
		Yıldırım	0,285	0,012

**Tablo 2 devam**

Ulaşım Durumu	0,129	Demiryolu Yük İstasyonlarına Uzaklık	0,750	0,097
		Havalimanlarına Uzaklık	0,250	0,032
		Trafik Kazası Riski	0,429	0,029
Kaza Riski	0,067	Uçak Kazası Riski	0,143	0,010
		Tren Kazası Riski	0,429	0,029
		Sınırlara Uzaklık	0,233	0,233
Nüfus Yoğunluğu	0,085		0,085	0,085

Modelin nihai tutarsızlık oranları Tablo 3.'de görüldüğü şekilde hesaplanmıştır. Bütün karşılaştırma matrislerinin tutarsızlık oranları, 0,10'den küçük olduğundan modelde yapılan değerlendirmelerin tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır.

**Tablo 3: Tutarsızlık Oranları**

	Hedef	Afetsellik	İklimsellik	Sınırlara Uzaklık	Nüfus Yoğunluğu	Ulaşım Durumu	Kaza Riski	Model Sonucu
<b>CR</b>	0,0124	0,0072	0,0162	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0762

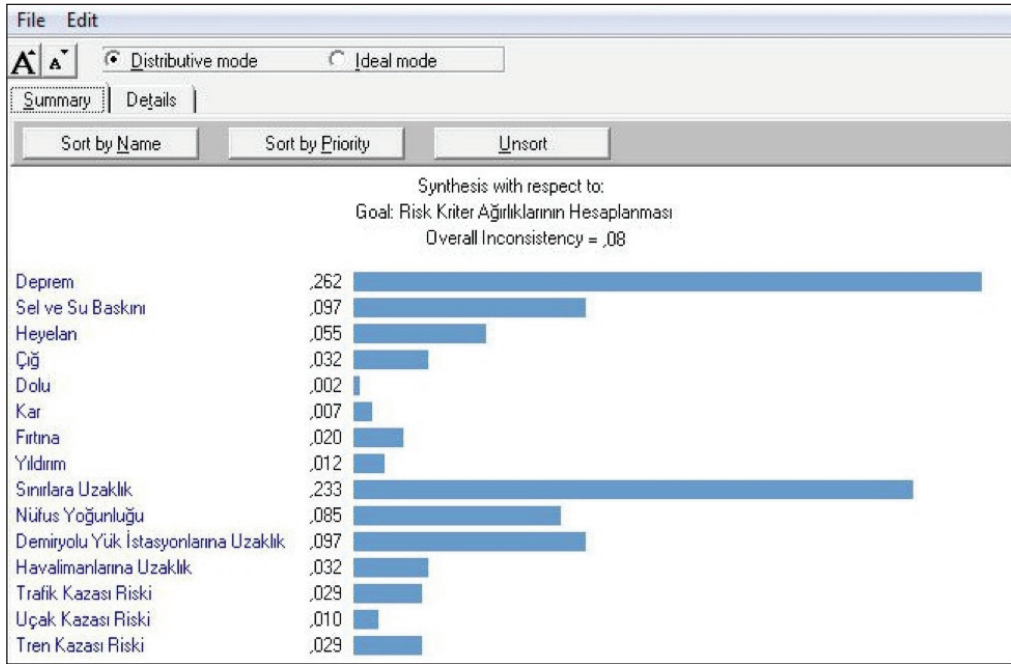
Aşağıda Şekil 2.'de modelin sonuçları sunulmuştur. Buna göre, en yüksek iki ağırlık değerine sahip olan kriterler “Deprem” ve “Sınırlara Uzaklık” olarak belirlenmiştir.

#### 4.2. TOPSIS Hesaplamaları

TOPSIS yönteminin uygulanması için bu çalışmada Excel tablo ve formüllerinden istifade edilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan; Deprem, Sel ve Su Baskını, Heyelan, Çığ, Dolu, Kar, Fırtına, Yıldırım, Trafik Kazası, Uçak Kazası ve Tren Kazası kriterlerine ait verilere T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın resmi internet sayfasında bulunan, Türkiye Ulusal Afet Arşivi (TUAA, 2017)'nden illerin afetselliği sorgulanarak ulaşılmıştır. TUAA'nın afet kriterlerine göre: (1) en az 10 ölü, veya (2) en az 50 yaralı, veya (3) afetten etkilenen en az 100 kişi olması, veya (4) afetin genel hayata etkili olması, kriterlerinden en az birinin olması afetin arşive dâhil olmasına neden olmaktadır.

Potansiyel depo yerleri olarak belirlenen illerin en yakın sınıra kuş uçuşu mesafesi, kilometre olarak, ArcGIS 10.0 programı kullanılarak ölçülmüştür. Potansiyel depo yerlerinin şehir merkezlerine kurulacağı varsayıldığından ölçme işlemi şehir merkezlerinden yapılmıştır. Nüfus verilerine, Türkiye İstatistik Kurumu'nun resmi internet sayfasında bulunan adrese dayalı nüfus kayıt sistemi (TÜİK, 2017)'nden ulaşılmıştır.

## Şekil 2: Model Sonuçları



GM'lerin yüklenmesi ve boşaltılması işlemi altyapı ve tonaj kısıtları nedeniyle her demiryolu istasyonunda yapılamamaktadır. Uygun kapasitedeki demiryolu istasyonlarının listesi kurumun Ulaştırma Şube Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle potansiyel depo yerlerine en yakın istasyonlar belirlenmiş, daha sonra Google Maps uygulamasının "Yol Tarifi AI" komutundan faydalanılarak mesafeler ölçülmüştür.

Türkiye'deki tüm havalimanlarına ait bilgiler internet ortamında açık kaynak olarak bulunmaktadır (Aircraft Charter World Page, 2017). Havalimanlarına uzaklığın belirlenmesi için de demiryolu istasyonlarında olduğu şekilde potansiyel depo yerlerine en yakın havalimanları belirlenerek Google Maps uygulamasının "Yol Tarifi AI" komutundan faydalanılarak mesafeler ölçülmüştür. Tablo 4.'de elde edilen tüm veriler toplu halde sunulmuştur. Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında sunulan tablolarda kriterler Şekil-1'deki kodlarıyla, alternatif iller ise plaka numaralarıyla gösterilecektir.

Tablo 4.'de sunulan veriler ile başlangıç matrisi olan karar matrisi oluşturulmuştur. Karar matrisinin, yöntemin normalizasyon prosedürüne göre yapılan normalleştirme işlemi sonucunda Tablo 5.'deki standart karar matrisi oluşturulmuştur. Normalizasyon sürecinde karar kriterlerden yalnızca sınırlara uzaklık kriteri fayda yapılı, diğerleri ise negatif fayda/maliyet yapılı (elde edilen değerler ne kadar düşükse o kadar az riskli) olduğu için normalizasyon işlemi bu kapsamda yapılmıştır. Standart karar matrisi ve AHP ile elde edilen karar kriter ağırlıklarının çarpılması sonucu, ağırlıklandırılmış standart karar matrisi oluşturulmuş ve bu matristen elde edilen Pozitif ideal  $A^+$  ve negatif ideal  $A^-$  çözüm setleri Tablo 6.'da sunulmuştur.

**Tablo 4: Potansiyel Depo Yerlerinin Kriter Değerleri**

İL	K1				K2				K3			K4			K5	K6
	K11	K12	K13	K14	K21	K22	K23	K24	K31	K32	K41	K42	K43			
<b>AFYON (03)</b>	6	3	3	0	6	1	18	0	2,3	5,2	0	0	0	207	703948	
<b>ANKARA (06)</b>	4	8	17	0	15	0	29	1	3,6	17,1	3	5	4	188	4965542	
<b>ÇANKIRI (18)</b>	5	1	7	0	1	0	10	0	0,85	149	2	0	0	153	184406	
<b>ESKİŞEHİR(26)</b>	2	0	0	0	5	0	0	1	1,7	6	1	0	1	148	789750	
<b>KAYSERİ(38)</b>	4	3	9	0	1	1	9	0	0,11	6,8	0	0	0	205	1274968	
<b>KONYA(42)</b>	3	1	3	1	18	2	18	1	0,75	17,5	4	0	0	152	2052281	
<b>NEVŞEHİR(50)</b>	0	0	0	0	29	8	52	2	60,8	87,6	0	0	0	201	285190	
<b>NİĞDE(51)</b>	1	0	0	2	1	0	1	0	0,35	133	1	0	1	129	340270	
<b>SİVAS(58)</b>	5	12	35	2	12	6	14	0	2,3	203	2	0	0	149	623535	
<b>YOZGAT(66)</b>	3	3	4	0	2	3	4	0	44,3	173	2	0	0	208	453211	
<b>AKSARAY(68)</b>	0	2	2	0	1	0	6	0	118	142	1	0	0	181	379915	
<b>KARAMAN(70)</b>	0	0	5	0	5	0	4	0	113	129	0	0	0	114	235424	
<b>KIRIKKALE(71)</b>	0	4	6	0	0	0	25	0	2,8	89,5	1	0	0	222	274727	

**Tablo 5: Standart Karar Matrisi**

İL	K1				K2				K3			K4			K5	K6
	K11	K12	K13	K14	K21	K22	K23	K24	K31	K32	K41	K42	K43			
03	0,5053	0,1871	0,0719	0,0000	0,1487	0,0933	0,2481	0,0000	0,0128	0,0128	0,0000	0,0000	0,0000	0,2187	0,1231	
06	0,3369	0,4990	0,4072	0,0000	0,3718	0,0000	0,3997	0,3780	0,0200	0,0422	0,4685	1,0000	0,9428	0,2408	0,8682	
18	0,4211	0,0624	0,1677	0,0000	0,0248	0,0000	0,1378	0,0000	0,0047	0,3677	0,3123	0,0000	0,0000	0,2959	0,0322	
26	0,1684	0,0000	0,0000	0,0000	0,1239	0,0000	0,0000	0,3780	0,0094	0,0148	0,1562	0,0000	0,2357	0,3059	0,1381	
38	0,3369	0,1871	0,2156	0,0000	0,0248	0,0933	0,1240	0,0000	0,0006	0,0168	0,0000	0,0000	0,0000	0,2209	0,2229	
42	0,2526	0,0624	0,0719	0,3333	0,4461	0,1865	0,2481	0,3780	0,0042	0,0432	0,6247	0,0000	0,0000	0,2979	0,3588	
50	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7187	0,7460	0,7167	0,7559	0,3378	0,2162	0,0000	0,0000	0,0000	0,2252	0,0499	
51	0,0842	0,0000	0,0000	0,6667	0,0248	0,0000	0,0138	0,0000	0,0019	0,3282	0,1562	0,0000	0,2357	0,3510	0,0595	
58	0,4211	0,7485	0,8383	0,6667	0,2974	0,5595	0,1930	0,0000	0,0128	0,5009	0,3123	0,0000	0,0000	0,3039	0,1090	
66	0,2526	0,1871	0,0958	0,0000	0,0496	0,2798	0,0551	0,0000	0,2462	0,4269	0,3123	0,0000	0,0000	0,2177	0,0792	
68	0,0000	0,1248	0,0479	0,0000	0,0248	0,0000	0,0827	0,0000	0,6557	0,3504	0,1562	0,0000	0,0000	0,2501	0,0664	
70	0,0000	0,0000	0,1198	0,0000	0,1239	0,0000	0,0551	0,0000	0,6279	0,3183	0,0000	0,0000	0,0000	0,3972	0,0412	
71	0,0000	0,2495	0,1437	0,0000	0,0000	0,0000	0,3446	0,0000	0,0156	0,2209	0,1562	0,0000	0,0000	0,2039	0,0480	
W	0,262	0,097	0,055	0,032	0,002	0,007	0,020	0,012	0,097	0,032	0,029	0,010	0,029	0,233	0,085	

**Tablo 6: Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Setleri**

İL	K1				K2				K3			K4		K5	K6
	K11	K12	K13	K14	K21	K22	K23	K24	K31	K32	K41	K42	K43		
$\tilde{A}^+$	0,1248	0,0459	0,0212	0,0200	0,0014	0,0052	0,0151	0,0091	0,0301	0,0110	0,0300	0,0130	0,0283	0,0958	0,0486
$\tilde{A}^-$	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0597	0,0018

Pozitif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için ağırlıklandırılmış standart karar matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme kriterlerinin, yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme kriterleri negatif faydalımlıyet yönlü olduğundan) seçilmiştir. Negatif ideal çözüm setinin oluşturulabilmesi için ise ağırlıklandırılmış standart karar matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme kriterleri, yani sütun değerlerinin en büyükleri seçilmiştir.

Tüm karar alternatifleri için çözüm setlerinden sapmaların hesaplanabilmesi için euclidian uzaklık yaklaşımından yararlanılmıştır. Karar alternatifleri için hesaplanan sapma değerleri ( $S_i^*$  ve  $S_i^-$ ) Tablo 7’de gösterilmiştir. Karar alternatiflerinin  $C_i^*$  değerlerinin elde edilmesi için sapma değerleri ( $S_i^*$  ve  $S_i^-$ ) kullanılmıştır. Elde edilen  $C_i^*$  değerleri Tablo 7.’de görüldüğü gibidir.

En iyi (ideal) çözümü belirlemek için aşağıda Tablo 7’de  $C_i^*$  değerleri elde edilmiş ve potansiyel depo yerlerinin risk katsayıları hesaplanarak risk sıralaması yapılmıştır. Risk kriterlerine göre en az riskli GM yeri “Kırıkkale”, en fazla riskli ise “Sivas” olarak belirlenmiştir.

**Tablo 7: İdeal Sapma Değerleri ile İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Değerleri**

İL	Sapma Değerleri		İdeal Çözüme Göreli Yakınlık Değerleri	Sıralama
	$S_i^*$	$S_i^-$	$C_i^*$	
AFYON	0,1214	0,1263	0,5100	11
ANKARA	0,0945	0,1155	0,5501	12
ÇANKIRI	0,1192	0,1091	0,4778	10
ESKİŞEHİR	0,1469	0,0517	0,2602	3
KAYSERİ	0,1249	0,0865	0,4092	9
KONYA	0,1260	0,0780	0,3824	8
NEVŞEHİR	0,1734	0,0362	0,1729	2
NİĞDE	0,1566	0,0552	0,2604	4
SİVAS	0,0870	0,1396	0,6162	13
YOZGAT	0,1266	0,0714	0,3607	7
AKSARAY	0,1636	0,0621	0,2752	5
KARAMAN	0,1639	0,0776	0,3213	6
KIRIKKALE	0,1722	0,0271	0,1359	1

## 5. Sonuç

Bu çalışmada güvenlik güçleri tarafından kullanılan GM deposunun yeniden konuşlandırılması için analitik hiyerarşi süreci ve TOPSIS yöntemi bütünlük olarak kullanılmıştır. Uzmanlar tarafından belirlenen 6 ana ve 13 alt risk kriterin ağırlıklarının belirlenmesi için AHP yöntemi ve risk kriterlerine göre en uygun GM deposu yeri seçimi için TOPSIS yönteminden istifade edilmiştir.

En önemli ana risk kriteri olarak afetsellik kriteri belirlenirken tüm problem için en önemli iki kriter olarak deprem ve sınırlara uzaklık kriterleri belirlenmiştir. Alternatif 13 il içerisinde risk kriterleri ve uzman görüşlerine göre yapılan analiz neticesinde en uygun depo yeri alternatifi Kırıkkale ili, en kötü alternatif ise Sivas ili olarak belirlenmiştir.

ÇKKV çalışmalarında sonuçlar, karar kriterlerinin önem derecelerine ve alternatiflerin bu kriterlerden aldıkları puanlara göre şekillenir. Bu çalışmanın sonuçlarını etkileyen ve önem derecesi görece olarak en yüksek olan ana ve alt kriterler incelendiğinde; afetsellik riskinin (bu kapsamda özellikle depremsellik riskinin), sınırlara uzaklık, demiryolu yük istasyonlarına uzaklık ve nüfus yoğunluğu kriterlerinin problemin sonuçlarını belirleyen kriterler olduğu görülecektir.

Bu nedenle; (1) Depremsellik riski bakımından en riskli olan Afyon, Sivas, Çankırı, Ankara ve Kayseri illeri, (2) Afetsellik ve İklimsellik ana risk kriterleri bakımından en riskli olan Sivas, Ankara ve Afyon illeri, (3) Sınırlara uzaklık kriteri bakımından görece olarak yeterli güvenlik mesafesini sağlayamayan Karaman, Niğde, Eskişehir, Sivas, Konya ve Çankırı illeri, (4) Demiryolu yük istasyonlarına uzaklık kriteri bakımından en uzak konumda olan Aksaray, Karaman, Nevşehir ve Yozgat illeri, (5) Nüfus yoğunluğu kriteri bakımından en riskli olan Ankara, Konya, Kayseri, Eskişehir, Afyon ve Sivas illeri tercih sıralamasında gerilerde kalmışlardır. (6) Kırıkkale ve Nevşehir illeri diğer alternatif illere göre tüm risk kriterleri bakımından aşari seviyede risk barındırmaları ve coğrafi konumları nedeniyle bir ve ikinci sırada tercih edilmişlerdir. (7) Eskişehir, Niğde ve Aksaray alternatifleri de birbirlerinde çok az farklılık göstererek ortalama altı risklilik sergilemeleri nedeniyle ön sıralarda tercih edilebilir duruma gelmişlerdir.

İlerde yapılacak çalışmalarda farklı ÇKKV yöntemleri (ELECTRE, VIKOR, DEMATEL, SMAA vb.) yalın veya bütünlük olarak kullanılabilir ve elde edilen sonuçlar bu çalışmanın sonuçlarıyla karşılaştırılabilir. Benzer şekilde çalışmada kullanılan risk kriterlerinde çeşitliliğe gidilerek farklı kriterlerin karar üzerindeki etkisi incelenebilir.

## Kaynakça

- AFAD. (2017). T.C. Başbakanlık Afet ve acil durum yönetimi başkanlığı (AFAD) resmi internet sayfası. Erişim Tarihi: 13.07.2017, <https://www.afad.gov.tr/>.
- Aircraft Charter World Page. (2017). *Air broker center*. Erişim Tarihi: 15.07.2017, <http://www.aircraft-charter-world.com/airports/middleeast/turkey.htm>.
- Bell, J.E. (2003). *A simulated annealing approach for the composite facility location and resource allocation problem: A study of strategic positioning of US Air Force munitions*, Yayın No. C102-927, Auburn Univ Al.



- Cain, M.J. (1988). *A GAMS-based model of the U.S. army wartime ammunition distribution system for the corps level*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Naval Postgraduate School, Monterey, California.
- Çağrııcı, H. (2007). *Çok namlulu roket atar birliklerinin mühimmat depo yerlerinin genetik algoritmalar ile tespiti*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Savunma Bilimleri Enstitüsü, Kara Harp Okulu, Ankara.
- Demirdöğen, O., Erdal, H. & Acar, E. (2015). An integrated model proposal for increasing the effectiveness of security service production: A multi-criteria maximal covering model. *International Journal of Recent Scientific Research*, 6(6), 4881-4890.
- Erdal, H. (2014). *Mühimmat dağıtım ağı optimizasyonu*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Savunma Bilimleri Enstitüsü, Kara Harp Okulu, Ankara.
- Erdal, H. & Akgün, İ. (2014, Haziran). *Mühimmat dağıtım ağı optimizasyonu ve bir uygulama*. Yöneyim Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 34. Ulusal Kongresi, YAEM 2014, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, 93.
- Farahani, R. Z., Abedian, M. & Sharahi, S. (2009). Dynamic facility location problem. *İçinde Facility Location* (ss. 347-372). Physica-Verlag HD.
- Farahani, R.Z. & Asgari, N. (2007). Combination of MCDM and covering techniques in a hierarchical model for facility location: A case study. *European Journal of Operational Research*, 176, 1839-1858.
- Gue, K.R. (2003). A dynamic distribution model for combat logistics. *Computers & Operations Research*, 30(3), 367-381.
- Güzel, D. & Erdal, H. (2015). A comparative assessment of facility location problem via fuzzy TOPSIS and fuzzy VIKOR: A case study on security services. *International Journal of Business and Social Research*, 5(5), 49-61.
- İçişleri Bakanlığı. (2017). İçişleri Bakanlığı Resmi İnternet Sayfası. Erişim Tarihi: 12.07.2017, <https://www.icisleri.gov.tr>.
- Korucuk, S. & Erdal, H. (2015). Depo yönetimi. Selçuk KORUCUK (Ed.). *İçinde Temel Lojistik Bilgisi* (ss.33-64). Gündüz Ofset Matbaacılık ve Yayıncılık, Trabzon.
- Saaty, T.L. (2008). The analytic hierarchy and analytic network measurement processes: Applications to decisions under risk. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 1(1), 122-196.
- Saaty, T.L. & Özdemir, M.S. (2003). Why the magic number seven plus or minus two. *Mathematical and Computer Modelling*, 38, 233-244.
- Toyoglu, H., Karasan, O.E. & Kara, B.Y. (2011). Distribution network design on the battlefield. *Naval Research Logistics*, 58(3), 188-209.
- TÜİK. (2017). Türkiye İstatistik Kurumu Resmi İnternet Sayfası, Erişim Tarihi: 12.07.2017 [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1059](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059).
- TUAA. (2017). Türkiye Ulusal Afet Arşivi Resmi İnternet Sayfası, Erişim Tarihi: 12.07.2017, <http://tuaa.afad.gov.tr/TUAA/MainPageFW/index4.aspx?guestlogin=true#>.
- Yapraklı, T.Ş. & Erdal, H. (2015). Bankacılık sektöründe pazarlama karması elemanlarının önceliklerinin belirlenmesi: Erzurum ili örneği. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 38, Autumn II, 481-500.

