

AFET LOJİSTİĞİ KAPSAMINDA DAĞITIM MERKEZİ İÇİN YER SEÇİMİ: SMAA-2 TEKNİĞİ İLE BİR UYGULAMA⁽¹⁾

MUSTAFA AĞDAŞ⁽²⁾, ÖZKAN BALI⁽³⁾, HAYDAR BALLI⁽⁴⁾

ÖZET

Afet olaylarına karşı hazırlıklı olma, ani müdahale ve iyileştirme için etkin bir lojistik planlamaya ihtiyaç bulunmaktadır. Lojistik planlamanın etkinliğinin artırılmasındaki temel unsurlardan birisi de dağıtım merkezlerinin uygun yerleşimidir. Afet dağıtım merkezlerinin yer seçimi, hem niteliksel hem de niceliksel kriterlere sahip yerleşim problemleridir. Afet olaylarıyla ilgili istatistiki verilere ulaşma imkânı olduğundan bu problemde kullanılan kriterler ve alternatiflerin değerlendirilmesi stokastik yapıda incelenebilmektedir. Bu çalışmada afet lojistiği dağıtım merkezi yer seçimi birçok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi olarak ele alınmaktadır. Afet dağıtım merkezi yer seçimi problemlerinin çözümünde kullanılan kriterlerin, belirsizlik göstermesi ve olasılık dağılımlarıyla ifade edilmesi sebebiyle çalışmamızda stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi (SMAA-2) metodundan yararlanılmaktadır. Bu amaçla, SMAA-2 tekniği ile bir afet dağıtım merkezinin en uygun yer seçimine yönelik bir çözüm yaklaşımı önerilmektedir. Önerilen yöntem örnek bir probleme uygulanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Afet Lojistiği, Çok Kriterli Karar Verme, Dağıtım Merkezi, SMAA-2, Tesis Yer Seçimi.

Jel Kodları: Q54, C6, M11, R53.

1 Bu çalışma, 15-17 Mayıs 2014 tarihleri arasında düzenlenen *III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi'*nde sunulmuştur.

2 Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, mustafa1155@gmail.com

3 Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, obali@kho.edu.tr

4 Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Harekât Araştırması Anabilim Dalı, haydarballi@gmail.com

**LOCATION SELECTION FOR DISTRIBUTION CENTER IN DISASTER LOGISTICS: AN
APPLICATION WITH SMAA-2 METHOD**

ABSTRACT

There is a need for efficient planning against catastrophic events to be preparedness, response and sudden recovery. One of the basic elements is the proper location of distribution centers to increase the efficiency of logistics planning. Location of disaster distribution centers are location problems that have both qualitative and quantitative criteria inside. As it is possible to reach statistical data about catastrophic events, the criteria and the evaluation of alternative used in this problem, can be analyzed in stochastic structure. In this study, we handled disaster logistics distribution center problem as a multi criteria decision making (MCDM) location selection problem. As disaster distribution center location selection criteria used in our study have stochastic manners, show uncertainty due to lack of expression and probability distributions, we utilized stochastic multi-criteria acceptability analysis (SMAA-2) method. For this purpose, in this study we suggested a solution approach to select the most suitable location for a disaster distribution center by using SMAA-2 technique. The proposed method is applied to a generic problem.

Keywords: Disaster ogistics, Distribution Center, Facility Location Selection, Multi Criteria Decision Making, SMAA-2.

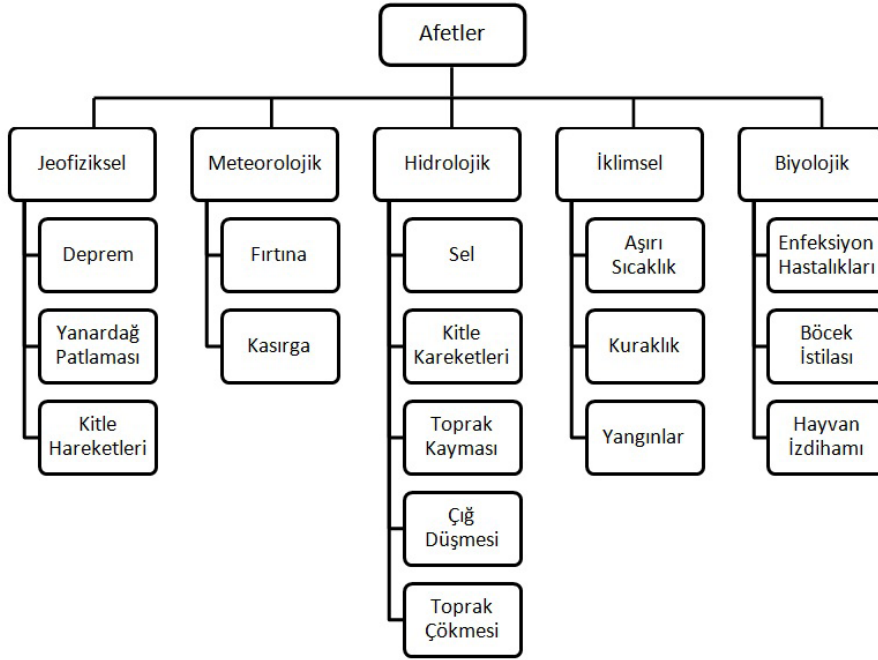
Jel Codes: Q54, C6, M11, R53

1. Giriş

Afetler; insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, insanın normal yaşantısını ve eylemlerini durduran ya da kesintiye uğratan doğal veya insan kökenli olaylardır. Birleşmiş Milletler tarafından en genel tanımıyla afet “insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan, normal yaşamı durdurarak veya kesintiye uğratarak toplumlara etkileyen ve yerel imkânlar ile baş edilemeyen her türlü doğal, teknolojik veya insan kaynaklı tüm olaylar” olarak tanımlanmaktadır (Kadioğlu, 2008: 2). Hoyois vd. afeti, “büyük hasar, yıkım ve insan acılarına neden olan, yerel imkânlar ile üstesinden gelinemeyen, ulusal veya uluslararası düzeyde dışarıdan yardım gerektiren, beklenmedik ve genelde ani şekilde gelişen bir durum ya da olay” olarak ifade etmektedir (Hoyois vd., 2007: 15).

Afetler, genellikle aniden meydana gelmesi, meydana geldiği yerde nüfusun büyük bir kısmını etkilemesi ile karakterize edilen şiddetli olaylardır. Bunlar deprem, tsunami, sel, hortum, kasırga ve salgın hastalık gibi doğal felaketler olabileceği gibi trafik kazaları, terör saldırıları ve nükleer santral sızıntıları gibi endüstriyel kazalar da olabilir. Doğal afetler, insanların kontrolü dışında meydana gelen, can ve mal kaybına sebep olabilecek büyük çaplı doğa olaylarıdır. Ortak özellikleri, aniden gelişmesi, can ve mal kaybına sebep olması ve müdahale ya da engellenememesidir. Uluslararası acil durum veri tabanında afetler doğal afet kapsamında beş ana sınıfa ayrılmıştır (The International Disaster Database, 2013). Bunlar; jeofiziksel, meteorolojik, hidrolojik, iklimsel ve biyolojiktir.

Jeofiziksel yani toprak kaynaklı olayların meydana getirdiği afetler sınıfına deprem, yanardağ patlaması ve kitle hareketleri (kaya düşmesi, toprak kayması, çığ düşmesi, toprak çökmesi) girmektedir. Meteorolojik afetler sınıfında, genel olarak fırtınalar ve kasırgalar yer almaktadır. Hidrolojik afetler sınıfı sel, kitle hareketleri, toprak kayması, çığ düşmesi ve çökme gibi olaylardan oluşmaktadır. İklimsel afetler sınıfı aşırı sıcaklık, kuraklık ve kontrol edilemeyen yangınlardan meydana gelmektedir. Son olarak biyolojik afetler sınıfı ise virüse bağlı, bakteriyel, parazit ve mantar gibi enfeksiyonel hastalıklar, böcek istilası ve hayvan izdihamından oluşmaktadır. Bu sınıflandırma Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1:
Afetlerin Sınıflandırılması

Teknolojik afetler ya da insan kaynaklı afetler genellikle üretim sürecinde ya da petrol, kimyasal maddeler, patlayıcı madde ve nükleer materyal gibi maddelerin üretimi ve nakliyesi sırasında olan olaylar ve kazalar sonucu ortaya çıkan felaketlerdir. Nükleer santral kazaları, kimyasal, endüstriyel, uçak, demiryolu ve gemi kazaları, baraj yıkılması gibi kazalar teknolojik afet olarak kabul edilmektedir.

Afet yönetimi altı unsura göre sınıflandırılmıştır. Bu unsurlar; zarar azaltma (mitigation), hazırlık (preparedness), müdahale (response), kurtarma (recovery), yardım (relief) ile iyileştirme (rehabilitation) ve yeniden yapılandırma (reconstruction) safhalarıdır (Shaluf, 2007: 381). Bu safhaların ilk ikisi afet öncesi yapılan çalışmaları, son dördü ise afet sonrasında yapılan faaliyetleri içermektedir. Bu safhalar birbirini takip eden bir yapıdadır ve her bir safhada yapılan faaliyetler bir sonraki safhayı etkilemektedir. Dolayısıyla unsurlar birbiriyle koordineli olmalı ve süreklilik arz etmelidir.

Afet yönetiminin etkinliğinin artırılmasındaki en önemli faaliyetlerden bir tanesi de planlanması afet öncesi, uygulaması afet sonrası yapılan afet (acil durum) lojistiğidir. Afette yaşanan kötü sonuçların önlenmesi ve olası zayıatın azaltılması için hızlı ve etkin bir lojistik faaliyetin icra edilmesi gerekmektedir. Literatürde lojistik yönetimi ile ilgili çalışmaların çok azı afet lojistiği ile ilgili yapılan çalışmalardır. Yine literatürde afet kapsamında icra

edilen lojistik faaliyetler için acil durum lojistiği ya da insani yardım lojistiği kavramlarının eş anlamlı olarak kullanıldığı görülmektedir.

Thomas ve Kopczak (2005: 2) ile Thomas ve Mizushima (2005: 60) afet lojistiğini, afetzedelerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ürün, malzeme ve bilgi akışının başlangıç noktasından tüketilen en son noktaya kadar etkili ve düşük maliyetli bir şekilde planlanması, uygulanması, depolanması ve kontrol edilmesi süreci olarak tanımlamaktadır. Tanımdan da anlaşılacağı üzere afet lojistiği, afetzedelerin öncelikli olarak ihtiyaç duyacağı ilaç, yiyecek, su, giyecek ve barınma malzemesi gibi insani yardım malzemeleri ile kullanılacak bilginin doğru yer, zaman ve miktarda, maliyeti etkin olarak planlanması, afet bölgesine ulaştırılması, afet depolarında depolanması ve buradan dağıtım merkezlerine ulaştırılarak afetzedelere dağıtılması ile ilgilenmektedir.

Afet zamanında uygulanan lojistik faaliyet ile günlük yaşamda uygulanan lojistik faaliyetler arasında benzerlikler olabileceği gibi birbirlerinden ayrılan önemli noktalarda bulunmaktadır. Tzeng vd. (2007: 675) genel dağıtım sistemi ile yardım dağıtım sistemini karşılaştırmış ve ayırtedici özelliklerini belirlemiştir. Bu özellikler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1:

Genel Dağıtım Sistemi ile Yardım Operasyonu Dağıtım Sisteminin Ayırtedici Özellikleri

Karşılaştırılan özellikler	Genel dağıtım sistemleri	Yardım dağıtım sistemleri
Amaçlar	Kar maksimizasyonu	Adalet ve etkinlik
Boyutsal rolü	Fabrikalar Dağıtım merkezleri Müşteriler	Ürünleri toplama noktası Ürün dağıtım depoları Ürün talep noktaları
Tesis özellikleri	Düzenli tesisler Önemli miktarda/maddi olarak mevcut	Geçici tesisler
Zaman planı	Uzun dönem: Yerleşim Orta Dönem: araç filo boyutu Kısa dönem: programlama	Mevcut bilgiye dayalı acil kararlar
Algoritma-etkinliği ve optimizasyon arasındaki ödünleşme	Optimizasyona dikkat çeken	Algoritmanın etkinliğini vurgular
Dağıtım modelleri	Gidiş-geliş dağıtım Gezici dağıtım	Gidiş-geliş dağıtım

Afet lojistiğinin etkinliğinin artırılmasındaki en önemli hususlardan birisi afet dağıtım merkezlerinin yer-leşimidir. Bu dağıtım merkezlerinin uygun yerleşimi, afet sonrası ihtiyaç duyulacak insani yardım malzemelerinin etkin ve hızlı bir şekilde dağıtılmasında kritik bir rol üstlenmektedir. Afet tabanlı tesis yerleşim problemlerin de tesis yerleşim problemlerine benzer olarak kullanılan yöntemler aynıdır. Ancak, kullanılan kriterler daha çok afetin özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Bu tip tesis yerleşim problemlerinin çözümünde daha çok matematiksel modeller kullanılmış ve bu modellerde amaç olarak genellikle ulaşım zamanını en aza indirmeye ya da en fazla afetzedeye ulaşmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, afet lojistiği kapsamında kurulacak bir dağıtım merkezi için en uygun yerin seçimine ilişkin bir karar destek modeli sunmaktır. Ayrıca, bu çalışma ile afet lojistiği kapsamında yapılan tesis yerleşim problemleri ve SMAA metodunun uygulama alanlarına ilişkin özet bir literatür sunulmaktadır. Afet sonrası, insani yardım malzemelerinin afetzedelere ulaştırılması, etkin bir şekilde dağıtımının yapılması ve moral desteğinin sağlanmasında dağıtım merkezlerinin uygun yerleşimi önemli bir rol üstlenmektedir. Bu tip problemler de, tesis yerleşim problemleri gibi nitel ve nicel birçok kriteri içinde barındırmaktadır. Ancak, afet kapsamındaki tesis yer seçim problemlerinde kullanılan bazı kriterler, problemin doğası gereği belirsiz değerlere sahip olabilmektedir. Çünkü karar vericiler tarafından afet esnası ve sonrasında sağlıklı ve kesin bilgiler elde edilmesi oldukça güçtür. Bu da, kriter değerlerinin olasılık değerleri ile ifade edilebilmesine imkân tanımaktadır. Bu problemin çözümünde kullanılan kriterlerin belirsizlik ve olasılıklı dağılım özellikleri göstermesi nedeniyle SMAA-2 metodu kullanılmıştır. SMAA-2 metodu belirsiz ya da kesin olmayan kriter değerlerinin stokastik değişkenler ile girilmesine müsaade etmektedir.

Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi (SMAA) yöntemi hem kriter değerlerinin, hem de kriter ağırlık değerlerinin kesin olarak bilinmediği durumlar ile karar vericilerden bazı nedenlerden dolayı tercih bilgisini temin etmenin zor olduğu kesikli çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemleri için geliştirilmiştir. Bu yöntem, çok sayıda karar vericinin olduğu bir ortamda kriter ağırlık değerlerinin deterministik olarak belirlenemediği yada üzerinde ortak bir değerde uzlaşmadığı durumlar için aralık değerler girmesine müsaade edebilmektedir. Problemin yapısının önerilen çözüm yöntemi ile uyumundan dolayı, çözüm yöntemi olarak SMAA-2 (Stochastic Multicriteria Acceptability Analyses-2) metodu kullanılmıştır. Çalışmanın bölümleri şu şekilde oluşmaktadır. İkinci bölüm afet yönetimi kapsamında tesis yer seçimi problemine yönelik literatür araştırması yapılmaktadır. Üçüncü bölümde SMAA-2 metodu hakkında özet bilgi verilmektedir. Dördüncü bölümde önerilen metoda yönelik sayısal bir örnek sunulmaktadır. Beşinci ve son bölümde ise sonuç ve gelecek araştırma konularına yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. Literatür Araştırması

Literatürde afet yönetimine ilişkin çalışmaların çoğunlukla sosyal bilim alanında yapıldığı ve yapılan bu çalışmaların da afetlerin sonuçları, toplum üzerindeki sosyal etkileri, afetten kurtulan personelin psikolojisi, organizasyon yapısı ile iletişim problemleri üzerinde odaklanıldığı görülmektedir. Afet yönetiminin lojistik faaliyetlerin planlanması ve uygulanmasına yönelik çalışmaların ise harekât araştırması (Operation Research) ilgi alanında yer almaktadır. Bu alandaki afet lojistiği problemlerine ilişkin birçok farklı yöntem çözüm önerisi olarak sunulmuştur. Matematiksel programlama, olasılık teorisi ve istatistikler, simülasyon, karar teorisi, bulanık kümeler, sezgisel yöntemler ile kuyruk teorisi yöntemi bunlardan bazılarıdır. Matematiksel programlama ile olasılık teorisi ve istatistikler en çok kullanılan çözüm yaklaşımlarıdır (Altay ve Green, 2005: 479).

Literatürde afet yönetimine ilişkin problemlere; afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve acil durum lojistiği başlıkları altında karşılaşılmaktadır. Bu problemlerde üç ana başlıkta toplanmaktadır: tesis yer seçimi, stok (envanter) yönetimi ve ağ akış yönetimi. Caunhye vd., acil durum lojistiğini tesis yerleşimi ile yardım dağıtımı, ölü ve yaralıların taşınması ana başlıkları altında incelemiştir. Tesis yerleşimi konusunda yapılan çalışmaları da, ön konumlama, afet öncesi ve sonrası tahliye ile yardım malzemelerinin dağıtımı başlıklarıyla ilişkilendirmiştir (Caunhye vd., 2001: 6).

Altay ve Green, afet yönetimi ile ilgili yöneylem araştırması alanında yapılan çalışmaları incelemiştir. Bu çalışmaları afetin safhalarına ve yöneylem araştırma yöntemlerine göre sınıflandırmıştır (Altay ve Green, 2005: 479). Tesis yerleşim ile ilgili yapılan çalışmalarda, hizmet ve yanıtlatma süreleri, maliyet gibi faktörleri dikkate alarak açılacak ya da kurulacak tesislerin mekânsal yerleşimine çözüm bulmaya çalışılmıştır. Dekle vd., afet iyileştirme merkezlerinin nereye açılması ile ilgili bir küme kaplama modeli kurmuştur. Florida kasabası için ele alınan modelde kapsama uzaklığı olarak öncelikle 20 mili almış ve daha sonra bu mesafe kısaltılmıştır (Dekle vd., 2005: 135-138).

Soon (2007), kâr amaçlı tedarik zincirleri için senaryo tabanlı (kasırga afeti için) bir model geliştirmiştir. İki aşamadan oluşan modelin birinci aşamasında kasırga afeti öncesi malzeme taşıma maliyetlerini en küçüklemeyi amaçlamış ve stok miktarını tespit etmiştir. İkinci aşamada, afet sonrası yardım malzemeleri dağıtımında kullanılacak tesislerin yerleşimine çalışmıştır. Balcik ve Beamon (2008: 105-119), yardım malzemelerinin önceden konuşlandırılmasına yönelik bir problemi ele almıştır. Yardım malzemelerinin tedarikçilerden ve depolardan karşılanacağı varsayımı ile en uygun depo yerini ve kapasitesini bulmaya çalışmıştır. Senaryo tabanlı yaptığı modelde afet yeri için beklenen cevap verme süresini en aza indirmeyi amaçlamıştır.

Duran vd. (2011: 5-16), yardım malzeme taleplerinin hem depo ve hem de tedarikçilerden karşılanabileceği bir durum için önceden konuşlandırılacak en uygun depo sayısını ve yerini bulmaya çalışmıştır. Balçık ve Beamon'un 2008'deki çalışmasından farkı, afet olayları sayısının birden fazla olması ve afet tipi ile yerel koşullara bağlı olarak her bir malzemenin ihtiyaç miktarının olasılıksal değerlendirilmesine imkân sağlamasıdır. Campbell ve Jones (2001: 158-164) satın alma, dağıtım maliyeti, stoklama ve dağıtılamayan malzemeler için ceza maliyetlerini en küçükleyen, stok seviyesini ve tesis yeri seçimini içeren bir model kurmuştur. Çalışmada her tesisin hasar görme olasılığı dikkate alınmıştır. Taleplerin açılan tesislerden karşılanamaması durumunda riskin olmadığı ve kapasite kısıtı olmayan dağıtım merkezlerinden karşılanacağı varsayılmıştır. Afet lojistiği tesis yer seçimi ile ilgili yapılan çalışmalar ile uygulama alanları Tablo 2'de özetlenmiştir.

3. SMAA-2 Metodu

ÇKKV problemlerinde kararın niteliği büyük ölçüde karar vericilerden sağlanan kriter ağırlıkları ve alternatiflerin kriterlere göre aldıkları değerlerin doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır. Ancak, gerçek hayat problemlerinde bu değerlerin tümüne tam ve doğru şekilde ulaşmak her zaman mümkün olmamaktadır. Ayrıca bu tür problemlerin çözümünde birden fazla karar vericinin olması, elde edilen bu değerlerin karar vericilerin özelliğine göre değişkenlik göstermesi, söz konusu değerlerin doğru bir şekilde belirlenmesini daha da karmaşık hale getirmektedir (Lahdelma ve Salminen, 2001: 444).

SMAA metodu da, alternatiflerin kriterlere göre aldığı değerlerin ve kriter ağırlıklarının kesin olarak bilinemediği gerçek yaşam problemlerine karar desteği sağlamak için Lahdelma vd. tarafından geliştirilmiştir (1998: 137). Belirsiz ya da kesin olmayan alternatiflerin kriter değerleri stokastik değişkenler ile karar vericilerin üzerinde uzlaşmadığı kriter ağırlıkları da birleşik yoğunluk fonksiyonlu ağırlık dağılımı ile temsil edilmektedir. Bu metodun en önemli özelliklerinden bir tanesi de hiçbir kriter ağırlık değeri olmadan kullanılabilmesidir. SMAA metodunda üç tip tanımlayıcı ölçek mevcuttur: kabul edilebilirlik indisi, merkezi ağırlık vektörü ve güvenilirlik faktörü. Bu ölçekler alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Ölçeklerin hesaplanmasında sayısal teknikler kullanılmakta ve çok boyutlu integrallerden faydalanılmaktadır. Monte Carlo simülasyonu da bu hesaplamalar için uygun olan tekniklerden bir tanesidir.

Tablo 2:
Afet Lojistiği Tesis Yerleşim Problemleri

Kaynak	Uygulama Alanı
Dekle vd. (2005)	- 20 millik mesafe içinde üç adet afet kurtarma merkezinin belirlenmesi - Kabul edilebilir mesafenin 10 ve 15 mile düşürülerek sonuçların geliştirilmesi
Hale ve Moberg (2005)	- Küme kaplama yerleşim modeli kullanılarak güvenilir bölge yerinin önerilmesi <ul style="list-style-type: none"> • Muhtemel yerleşim bölge sayısının en aza indirilmesi • Bölgeye girişi engelleyebilecek harici olayların yerinin dikkate alınması
Soon (2007)	- Kâr amacı güden tedarik zincirleri için kasırga felaketinde kullanılacak yardım malzemelerinin önceden yerleştirilmesi problemi <ul style="list-style-type: none"> • Taşıma maliyetlerini içermesi
Chang vd.(2007)	- Sel baskını için acil lojistik planı
Ukkusuri ve Yushimoto (2008)	- Kara ulaşım ağının güvenilirliğini içermesi <ul style="list-style-type: none"> • Bağlantı/düğüm arızası ve sabit bir bütçe olasılık kısıtları altında tüm talep noktaları hizmet alma olasılığını maksimize edilmesi
Balcik ve Beamon (2008)	- Afet dağıtım merkezi ve tutulan stok yeri ve miktarının belirlenmesi <ul style="list-style-type: none"> • Dağıtım merkezleri sayısı azaldığında dağıtım merkezlerinin arasındaki kapasite farklılıklarının artması • Tesis yeri ve stok kararlarını birleştirmesi • Çoklu ürün tipini dikkate alması • Bütçe kısıtı ve kapasite sınırı.
Rawls ve Turnquist (2009)	- Afet tehditleri için bir acil müdahale öncesi yerleşim stratejisi sunması <ul style="list-style-type: none"> • Bir afetten sonra stoklanmış malzemeleri için talep belirsizliğini ve ulaşım ağına mevcudiyetine ilişkin belirsizliği ele alması
Campbell ve Jones (2011)	- Afet hazırlık aşamasında önceden yerleştirilecek ikmal malzemelerinin konuşlandıracağı yerin belirlenmesi ve miktarının incelenmesi <ul style="list-style-type: none"> • Kesikli seçenekler kümesinden en iyi ikmal noktası yerinin belirlenmesi için maliyet modeli kullanılması • Tesislerin zarar görme olasılığının dikkate alınması
Duran vd. (2011)	- En uygun afet deposu sayısı, yeri ve stok kapasitesinin belirlenmesi için matematiksel model kurulması <ul style="list-style-type: none"> • İki farklı afet tipin dikkate alınması • Malzeme ihtiyaçlarının olasılıksal olması
Roh vd. (2013)	- Afet deposu yer seçiminde önemli kriterlerin belirlenmesi <ul style="list-style-type: none"> • AHP yöntemi ile kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi

SMAA metodu doğrudan alternatiflerin sıralamasını yapmamaktadır. Bunun yerine, sadece alternatiflerin kabul edilebilir olup olmadığını belirlemektedir. İleriki yıllar içinde;

alternatiflerin seçim ve sıralamasını yapmak amacıyla SMAA-2, SMAA-3, SMAA-O, Ref-SMAA metotları, sınıflandırmasını yapmak için ise SMAA-TRI metodu geliştirilmiştir. Her bir metot kendi özelliklerine göre çözüm önerisi sunmaktadır. SMAA metotları ile ilgili yapılan çalışmaların bazıları Tablo 3’de sunulmuştur.

SMAA-2 metodu, 2001 yılında Lahdelma ve Salminen tarafından birden çok karar vericinin olduğu kesikli stokastik çok kriterli karar verme problemleri için geliştirilmiştir (Tervonen ve Lahdelma, 2007: 501). SMAA metodunun geliştirilmiş bir versiyonu olan bu metot, en iyi alternatifin seçimi dışında alternatiflerin de bir sıralamasını yapabilmektedir. SMAA-2 metodu, her alternatifi herhangi bir sıralamaya yerleştiren veya en çok tercih edilebilir yapan ne tür tercihlerin olduğunu tanımlamak için ters ağırlık uzayı analizini uygulamaktadır. Bu metot, karar vericiye alternatiflerin son durumları hakkında daha fazla bilgi sağlamak amacıyla beş yeni tip ölçek geliştirmiştir. Bunlar; sıra kabul edilebilirlik indisi, üç tip en iyi sıra ölçeği ve tümleşik kabul edilebilir indisidir (Lahdelma ve Salminen, 2001: 502).

Tablo 3:
SMAA Uygulama Alanları

Kaynak	Uygulama Alanı	SMAA-3	SMAA	SMAA-O	SMAA-2	SMAA-TRI
Hokkanen vd. (1998)	Genel planlama	X				
Lahdelma vd. (1998)	SMAA için örnek uygulama		X			
Hokkanen vd. (1999)	Liman yer seçimi		X			
Hokkanen vd. (2000)	Kirlenmiş bölgenin temizlenmesi için aday sıralaması				X	
Lahdelma ve Salminen (2001)	Liman yer seçimi SMAA ve SMAA-2 karşılaştırma				X	
Lahdelma vd. (2002)	Atık arıtma tesisi yer seçimi				X	
Lahdelma vd. (2003)	Belediye katı atık yönetim sistemi seçimi			X		
Kangas vd. (2003)	Ekosistem yönetim planlama				X	
J. Kangas ve A. Kangas (2003)	Orman planı seçimi			X		
Kangas vd. (2005)	Sosyo ekolojik arazi planlaması				X	
Tervonen vd. (2005)	Maden ocakları bölgelerinin risk kategorilerine ayrılması					X

Lahdelma ve Salminen (2006)	Helsinki kargo limanı yeri seçimi				X	
Kangas vd. (2006)	Orman planlaması				X	
Tervonen vd. (2008)	Asansör planlaması				X	
Lahdelma vd. (2009)	Elektrik dağıtıcısı için stratejik karar seçimi				X	
Tervonen vd. (2009)	Nano malzemelerin sınıflandırılması					X
Menou vd. (2010)	Hava kargo sisteminin yer seçimi			X		
Aertsen ve diğ. (2011)	Orman kaynakları verimlik tahmini için modelleme teknikleri seçimi			X	X	
Tervonen vd. (2011)	İlaç fayda ve risk analizi					X
Kadzinski ve Tervonen (2013)	Üniversite kalitesine göre Avrupa ülkelerinin sıralanması					X

Karar problemi, n adet kritere göre değerlendirilen bir m adet alternatif kümesi $\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_m\}$ ile temsil edilir. Karar vericinin tercih yapısı, gerçek değerli fayda ya da değer fonksiyonu $u(x_i, w)$ ile temsil edilir. SMAA-2 metodu ne kriter ölçütlerinin, ne de kriter ağırlıklarının kesin olarak bilinemediği durumlar için geliştirilmiştir. Belirsiz veya kesin olmayan kriter değerleri, X uzayında birleşik olasılık dağılımlı $f(\xi)$ yoğunluk fonksiyonu ve ξ_{ij} stokastik değişkeni ile temsil edilirler. Karar vericilerin bilinmeyen ya da kısmen bilinen tercihleri, W uygun ağırlık kümesinde $f(w)$ birleşik yoğunluk fonksiyonlu ağırlık dağılımıyla ifade edilirler. Tercih bilgisinin toplam eksikliği W içindeki uniform ağırlık dağılımıyla gösterilir.

$$f(w) = 1/\text{vol}(W) \quad (1)$$

Ağırlıklar negatif değer alamazlar ve normalize edilmiş değerlerdir.

$$W = \left\{ w \in R^n \mid w \geq 0 \text{ ve } \sum_{j=1}^n w_j = 1 \right\} \quad (2)$$

Değer fonksiyonu, stokastik kriter ve ağırlık dağılımlarını $u(\xi_i, w)$ değer dağılımları içine yerleştirilmesinde kullanılır. Değer dağılımına dayalı olarak aşağıda belirtilen sıralama fonksiyonu aracılığıyla her alternatife sıralaması en iyi (=1), en kötü (=m) tamsayı değeri olacak şekilde sıralamasını yapılır. ρ (doğru) ise =1, ρ (yanlış) ise =0 olur.

$$\text{rank}(i, \xi, w) = 1 + \sum_{k=1}^m \rho(u(\xi_k, w) > u(\xi_i, w)) \quad (3)$$

SMAA-2 daha sonra stokastik uygun sıra ağırlıkları kümesi analizini yapar. olan farklı alternatifler için herhangi bir ağırlık değerini uygun olarak atamasıyla, x_i alternatifi r sırasını alır.

$$W_i^r(\xi) = \{w \in W : \text{rank}(i, \xi, w) = r\} \quad (4)$$

SMAA-2'nin ilk tanımlayıcı ölçüğü sıra kabul edilebilirlik indisi , SMAA'daki kabul edilebilir indisinin sıralama yapacak şekilde genişletilmiş durumudur. Bir alternatifi o sırada olma ihtimalini gösterir. Her alternatif için ayrı değerler alır. En yüksek kabul edilebilir (en iyi) alternatifler en iyi sıralar için yüksek kabul edilebilir olanlardır. Sıra kabul edilebilirlik indisi 0,1 değer aralığındadır. Sıfır değeri, alternatifi hiçbir zaman verilen sıralamayı sağlamayacağını, 1 ise seçilen herhangi bir ağırlık için verilen sıralamanın her zaman sağlanacağını gösterir. Kriter dağılımları ve uygun sıra ağırlıklarının üzerinde çok boyutlu integraller ile sayısal olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$b_i^r = \int_{\xi \in X} f_x(\xi) \int_{w \in W_i^r(\xi)} f_w(w) dw d\xi, \quad (5)$$

Merkezi ağırlık vektörü , bir alternatifi uygun ilk sıra ağırlıklarının beklenen ağırlık merkezi olarak tanımlanmaktadır. Merkezi ağırlık vektörü, karar vericinin bu alternatifi tipik olarak destekleme tercihlerini temsil etmektedir. Farklı alternatiflerin merkezi ağırlıkları, farklı ağırlıkları varsayılan tercih modeli ile farklı seçeneklere karşılık geleceğini anlamaya yardımcı olmaktadır. Kriter ve ağırlık dağılımları üzerine çok boyutlu integrallerle aşağıdaki formülü kullanarak hesaplanır.

$$w_i^c = \int_{\xi \in X} f_x(\xi) \int_{w \in W_i^1(\xi)} f_w(w) w dw d\xi / a_i, \quad (6)$$

Güvenilirlik faktörü , merkezi ağırlık vektörünün seçilmesi halinde bir alternatifi birinci sırayı elde etme ihtimali olarak tanımlanmaktadır. Güvenilirlik faktörü, kriterlerin etkin alternatifleri ayırt etmekte ne kadar doğru olup olmadığını ölçmektedir. Güvenilirlik faktörü kriter dağılımları üzerine kullanarak çok boyutlu integrallerle şu formülle hesaplanır;

$$p_i^c = \int_{\xi \in X : \text{rank}(i, \xi, w_i^c) = 1} f_x(\xi) d\xi, \quad (7)$$

4. Örnek Uygulama

Bu çalışmada, sel felaketi sonrasında kurulacak afet dağıtım merkezlerinin sel felaketi oluşmadan önce hangi bölgeye en uygun şekilde kurulmasını amaçlayan jenerik bir problem ele alınmıştır. Sel risk derecesi yüksek olan bir afet bölgesinde, afetten etkilenen afetzedelere insani yardım malzemesi dağıtılması amacıyla bir dağıtım merkezi kurulması

planlanmaktadır. Dağıtım merkezleri için dört adet alternatif bölge bulunmaktadır. Seçilecek bölgeyi değerlendirmek üzere 5 adet kriter belirlenmiştir. Alternatif dağıtım merkezlerinin kurulacağı yerler A, B, C ve D bölgeleridir ve Şekil 2 jenerik haritada gösterilmiştir. Ayrıca alternatif yerlerin kriterlere göre aldığı değerler Tablo 4’te sunulmuştur.

a. Sel riski derecesi: Afet dağıtım merkezinin kurulacağı bölgenin sel riski derecesini göstermektedir. Bu değerler 1 riskli-5 risksiz ölçek değerleri arasında tanımlanmıştır. Sel riski derecesi daha küçük olan bölgeye dağıtım merkezinin kurulması istenmektedir.

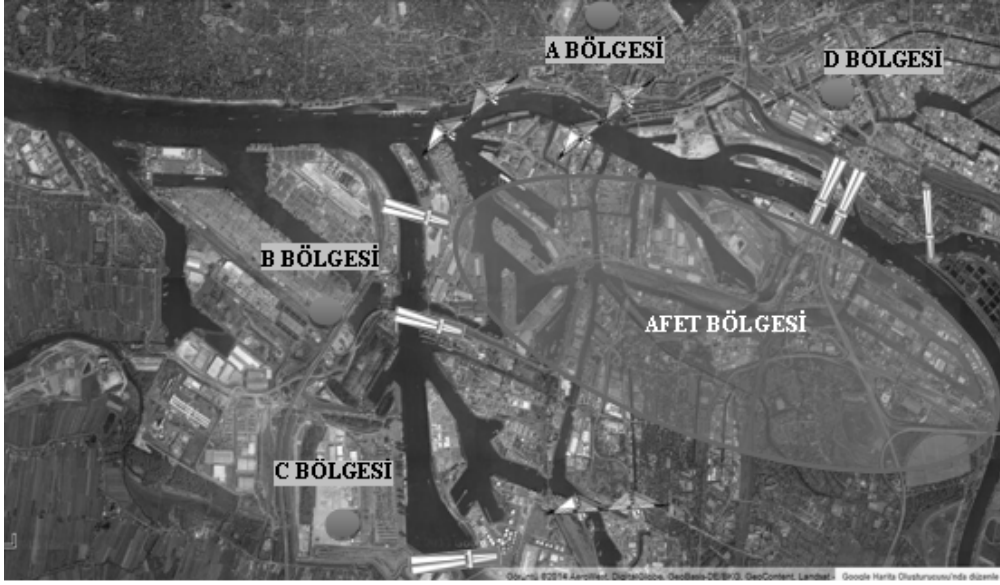
- Risk_1 derecesi : %80 ve üzeri sel olma olasılığını,
- Risk_2 derecesi : %60-%79 arası sel olma olasılığını,
- Risk_3 derecesi : %40-%59 arası sel olma olasılığını,
- Risk_4 derecesi : %20-%39 arası sel olma olasılığını,
- Risk_5 derecesi : %19 ve altı sel olma olasılığını ifade etmektedir.

b. Ulaşım imkânı: Ulaşım imkânı sayısı mevcut karayolu sayılarını göstermektedir. Burada kullanılan değerler sel felaketi olduğu durumda bazı yolların kapanma ihtimali olduğunu belirtmektedir. (Örneğin A Bölgesi için en az iki en fazla üç yol kullanılabilir.)

c. Afetzedelere ulaşım süresi (dk.): Dağıtım deposu-dağıtım merkezi-afet bölgesine olan hazırlanma ve toplam ulaşım süresidir. Alternatif yol ulaşım süreleri incelendiğinde varış sürelerinin normal dağılımı uyduğu analiz edilmiştir.

d. Bölge afet deposuna uzaklık (km.): Her bir alternatif dağıtım noktasının bölge deposuna olan mesafesini ifade etmektedir.

e. Toplam maliyet: Dağıtım merkezinin ulaşım, kurulum ve depolama maliyetini içermektedir.



Şekil 2:
Jenerik Harita

Afet dağıtım merkezinin yer seçiminde kullanılacak kriter ağırlıklarının belirlenmesi için afet lojistiği konusunda uzman beş kişiye önem sırası sorulmuştur. Yapılan değerlendirme sonucunda kriterlerin önem sıralaması aşağıdaki şekilde belirlenmiştir;

1. Afetzedelere ulaşım süresi,
2. Sel riski derecesi,
3. Ulaşım imkânı,
4. Bölge afet deposuna uzaklık,
5. Toplam maliyet.

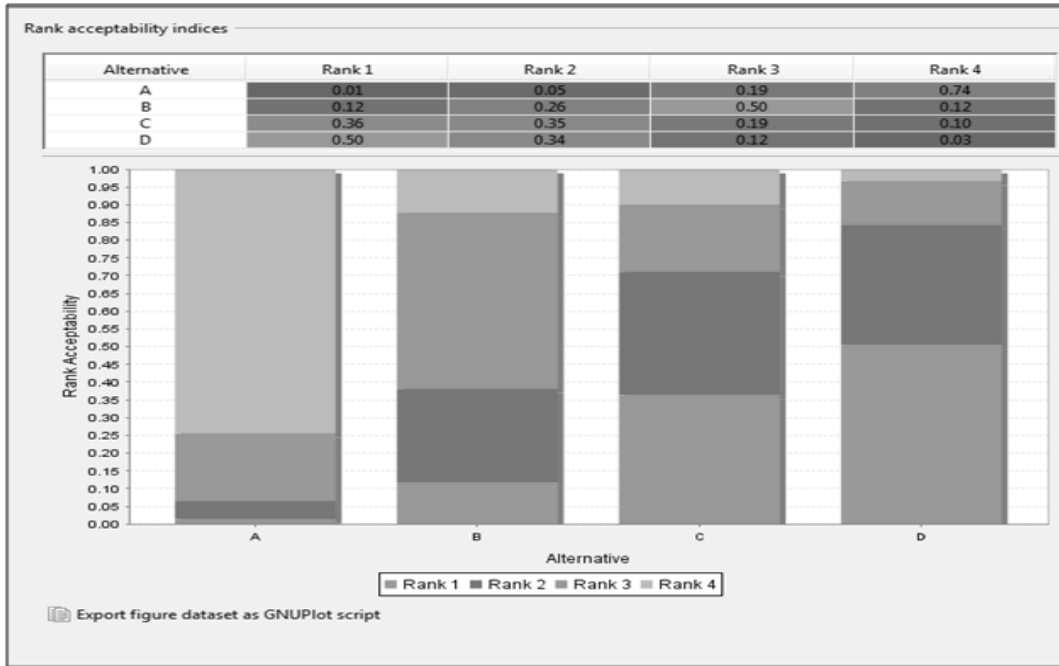
Tablo 4:
Alternatifler için Kriter Değerleri

Alternatifler	Kriter_1	Kriter_2	Kriter_3	Kriter_4	Kriter_5
	Sel riski derecesi (1-5)	Ulaşım imkânı (karayolu sayısı)	Afetzedelere ulaşım süresi (Ortalama değer)	Bölge afet deposuna uzaklık (km.)	Toplam maliyet (100.000 TL.)
A bölgesi	1	3-4	35±5dk.	14.5 km	2.6
B bölgesi	1	3-4	32±4 dk.	12.4 km	1.9
C bölgesi	2	2-3	33±8 dk.	17.1 km	1.7
D bölgesi	2	2-4	34±5 dk.	16.2 km	2.1
Δ					Δ ± %10

Problemin çözümünde JSMAA programından faydalanılmıştır (www.smaa.fi). Java tabanlı bu program yardımı ile la verilerin girişi yapılmıştır. Sıra kabul edilebilirlik indisi, girilen tercih değerlerine göre alternatiflerin sıralamasını yapmaktadır. Modele ait sıra kabul edilebilirlik indisi Şekil 3'te gösterilmiştir. Birinci sırada %50 olasılıkla D alternatifi afet dağıtım merkezi için en uygun bölge olarak seçilmiştir. Diğer alternatiflerinde birinci sırada olması olasılığı sırasıyla C bölgesinin %36, B bölgesinin %12 ve A bölgesinin %1 olarak hesaplanmıştır. Bir alternatifin tüm sıraları alma olasılığının toplamı ise bire eşittir.

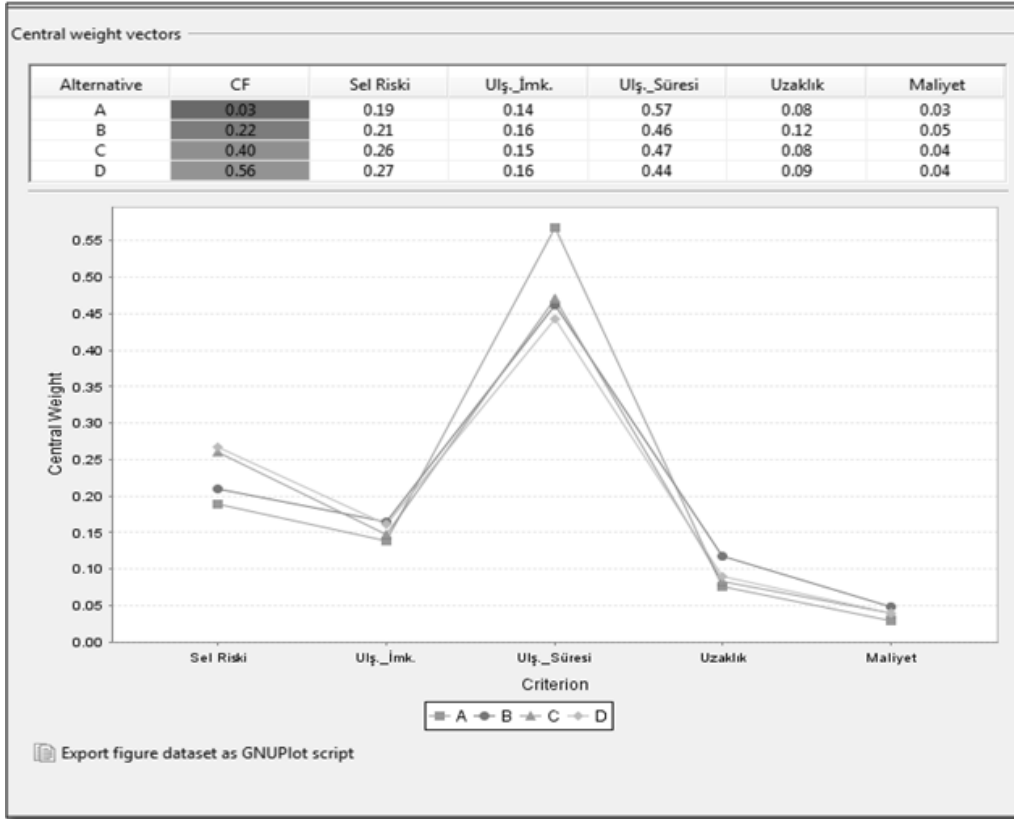
İkinci sıra için en uygun alternatif C bölgesidir ve bunun olasılığı ise %35'tir. D bölgesinin ikinci sırayı alma olasılığı ise %34'tür. Dolayısıyla girilen tercih değerlerine göre D alternatifinin ilk iki sırada olması gerekir. Örneğin iki adet afet dağıtım merkezinin kurulması istenseydi bunların bir tanesinin D bölgesine diğerinin de C bölgesine kurulması kararı verilebilirdi.

Kurulması en son tercih edilen alternatif ise A bölgesidir. Burada A alternatifinin birinci sırayı alması olasılığın en düşük olasılık değerine sahip olması nedeniyle mümkün görülmemektedir. Afet dağıtım merkezi kurulacak alternatifler içindeki en kötü bölgenin ise %74 olasılıkla afet dağıtım merkezinin A bölgesinde kurulmasıdır.



Şekil 3:
Alternatiflerin Sıra Kabul Edilebilirlik İndisleri

Modele ait hesaplanan güvenilirlik faktörü ile merkezi ağırlık vektör değerleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Etkin alternatiflerin ayırt edilmesinde kullanılan güvenilirlik faktörü, kriter ölçümlerinin yeterince sağlıklı ya da doğru olup olmadığı göstermektedir. Güvenilirlik faktöründe en yüksek değeri alan D bölgesinin birinci sırada olmasının güvenilirlik oranı %56'dır. Bu alternatifin merkezi ağırlık vektörüne bakıldığında %44 oranıyla afetzedelere ulaşım süresinin en yüksek görece öneme sahip olduğu görülmektedir. Yani bu kriter afet dağıtım merkezinin D alternatif bölgesinin birinci sırada seçilmesinde en çok etkiye sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 4:
Modelin Güvenilirlik Faktörleri İle Merkezi Ağırlık Vektörleri

5. Sonuç

Doğal afetler, önlenmesi güç doğa olaylarıdır. Özellikle son zamanlarda Türkiye'nin ve dünyanın çeşitli bölgelerinde yaşanan afetlerin artması, bu tehde yönelik alınacak tedbirlerin iyileştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Türkiye'yi de tehdit eden bu tabii afetler arasında sel, depremin ardından ikinci sırada gelmektedir. Yaşanılan afet sonrası etkili bir

afet yönetimi için lojistik destek büyük önem arz etmektedir. Afet dağıtım merkezleri de bu etkili lojistik desteğin sağlanmasında en son noktadır. Uygun olmayan tesis yerleşimi güncel hayat problemlerinde firmaları uzun zaman, yüksek maliyet ya da elde edilen düşük kâr miktarı ile cezalandırırken, afet dağıtım merkezleri yerleşimi için bu durum ulaşılan kişi ya da kurtarılan hayat sayısı ile ödüllendirilir. Bu tip yerleşim problemlerinde stokastik, belirsiz ve kesin olmayan değerlere sahip çeşitli kriterler mevcuttur. Bu çalışmada da, kriter değerleri bu tip özellikler göstermesi nedeniyle SMAA-2 metodu kullanılmıştır.

SMAA metotları alternatiflerin kriter değerlerinin ve kriter ağırlıklarının kesin olarak karar vericilerden temin edilemediği, olasılıklı, eksik veya belirsiz olduğu kesikli ÇKKV problemlerinin çözümü için geliştirilmiştir. Diğer ÇKKV yöntemlerinde kullanılan kesin kriter ve ağırlık değerlerinin yerine, SMAA yöntemleri, problemin çözümünde kullanılan değerlerin, aralık değer ve dağılım olarak ele alınmasına müsaade etmektedir. Bu çalışmada, afet dağıtım merkezi tesisi yerleşiminde kullanılan bazı kriterlerin stokastik değerler içermesinden dolayı SMAA-2 yöntemi kullanılmıştır. SMAA-2 metodu aracılığıyla, kriter değerleri olasılıksal ve dağılım değerleri olarak girilebilmiştir. Sonuçların elde edilmesinde JSMAA modülünden faydalanılmıştır.

Gerçek yaşam problemlerinde etkin çözüm önerileri sunan SMAA yöntemlerini afet lojistiğine yönelik müteakip çalışmalarda (ÇKKV tesis yerleşim problemlerinde) kullanılabilir. Sel felaketi haricinde diğer afet olaylarında kullanılacak tesislerin yerleşim problemlerinde de SMAA-2 metodundan faydalanılabilir.

KAYNAKÇA

Altay, Nezhil ve Walter G. Green III (2006) "OR/MS Research in Disaster Operations Management", *European Journal of Operational Research*, 175(1), s. 475-493.

Balcik, Burcu ve Benita M. Beamon (2008) "Facility Location in Humanitarian Relief", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 11(2), s. 101-121.

Campbell, Ann Melissa ve Philip C. Jones (2011), "Prepositioning Supplies in Preparation for Disasters", *European Journal of Operational Research*, 209(2), s. 156-165.

Caunhye, Aakil M., Xiaofeng Nie ve Shaligram Pokharel (2012), "Optimization Models in Emergency Logistics: A Literature Review", *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), s. 4-13.

Chang, Mei-Shiang, Ya-Ling Tseng ve Jing-Wen Chen (2007), "A Scenario Planning Approach for the Flood Emergency Logistics Preparation Problem Under Uncertainty", *Transportation Research Part E*, 43(6), s. 737-754.

Dekle, Jamie, Mariel S. Lavieri, Erica Martin, Hülya Emir-Farinas ve Richard L. Francis (2005) "A Florida Country Locates Disaster Recovery Centers", *Interfaces*, 35(2), s. 133-139.

Duran, Serhan, Marco A. Gutierrez ve Pinar Keskinocak (2011) "Pre-positioning on Emergency items worldwide for CARE International", *Interfaces*, 41(3), s. 223-237.

Trevor Hale ve Christopher R. Moberg (2005) "Improving Supply Chain Disaster Preparedness: A Decision Process for Secure Site Location", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(3), s. 195-207.

Hokkanen, Joonas, Risto Lahdelma, Kaisa Miettinen ve Pekka Salminen (1998) "Determining the Implementation Order of a General Plan by Using a Multicriteria Method", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 7(5), s. 273-284.

Hokkanen, Joonas, Risto Lahdelma ve Pekka Salminen (1999) "A Multiple Criteria Decision Model for Analyzing and Choosing Among Different Development Patterns for the Helsinki Cargo Harbor", *Socio-Economic Planning Sciences*, 33(1), s. 1-23.

Hokkanen, Joonas, Risto Lahdelma ve Pekka Salminen (2000) "Multicriteria Decision Support in a Technology Competition for Cleaning Polluted Soil in Helsinki", *Journal of Environmental Management*, 60(4), s. 339-348.

Hoyois, Philippe, Jean Michel Scheuren, Regina Below ve Debarati Guha-Sapir (2007) *Annual Disaster Statistical Review: Numbers and Trends 2006*, Catholic University of Louvain (UCL), Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED).

Kadioğlu, Mikdat (2008) "Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri", *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri* içinde (der. M. Kadioğlu ve E. Özdamar), s. 1-34, Ankara: JICA Türkiye Ofisi.

Kadziński, Miłosz ve Tommi Tervonen (2013) "Robust Multi-Criteria Ranking with Additive Value Models and Holistic Pair-Wise Preference Statements", *European Journal of Operational Research*, 228(1), s. 169-180.

Kangas, Annika, Jyrki Kangas, Risto Lahdelma ve Pekka Salminen (2006) "Using SMAA-2 Method with Dependent Uncertainties for Strategic Forest Planning", *Forest Policy and Economics*, 9(2), s. 113-125.

Kangas, Jyrki, Joonas Hokkanen, Annika Kangas, Risto Lahdelma ve Pekka Salminen (2003) "Applying Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis to Forest Ecosystem Management with Both Cardinal and Ordinal Criteria", *Forest Science*, 49(6), s. 928-937.

Kangas, Jyrki ve Annika Kangas (2003) "Multicriteria Approval and SMAA-O Method in Natural Resources Decision Analysis with Both Ordinal and Cardinal Criteria", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 12(1), s. 3-15.

Kangas, Jyrki, Ron Store ve Annika Kangas (2005) "Socioecological Landscape Planning Approach and Multicriteria Acceptability Analysis in Multiple-Purpose Forest Management", *Forest Policy and Economics*, 7(4), s. 603-614.

Lahdelma, Risto, Joonas Hokkanen ve Pekka Salminen (1998) "SMAA-Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis", *European Journal of Operational Research*, 106(1), s. 137-143.

Lahdelma, Risto ve Pekka Salminen (2001) "SMAA-2: Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis for Group Decision Making", *Operations Research*, 49(3), s. 444-454.

Lahdelma, Risto, Pekka Salminen ve Joonas Hokkanen (2002) "Locating a Waste Treatment Facility by Using Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis with Ordinal Criteria", *European Journal of Operational Research*, 142(2), s. 345-356.

Lahdelma, Risto, Kaisa Miettinen ve Pekka Salminen (2003) "Ordinal Criteria in Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis (SMAA)", *European Journal of Operational Research*, 147(1), s. 117-127.

Lahdelma, Risto ve Pekka Salminen (2006) "Classifying Efficient Alternatives in SMAA Using Cross Confidence Factors", *European Journal Of Operational Research*, 170(1), s. 228-240.

Lahdelma, Risto, Simo Makkonen ve Pekka Salminen (2009) "Two Ways to Handle Dependent Uncertainties in Multi-Criteria Decision Problems", *Omega*, 37(1), s. 79-92.

Menou, Abdellah, Abdelhanine Benallou, Risto Lahdelma ve Pekka Salminen (2010) "Decision Support for Centralizing Cargo at a Moroccan Airport Hub Using Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis", *European Journal of Operational Research*, 204(3), s. 621-629.

Rawls, Carmen Gloria ve Mark Alan Turnquist (2010) "Pre-positioning of Emergency Supplies for Disaster Response", *Transportation Research Part B*, 44(4), s. 521-534.

Roh, Sae-yeon, Hyun-mi Jang ve Chul-hwan Han (2013) "Warehouse Location Decision Factors in Humanitarian Relief Logistics", *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 29(1), s. 103-120.

Shaluf, Ibrahim Mohamed (2007) “An Overview on the Technological Disasters”, *Disaster Prevention and Management*, 16(3), s. 380-390.

Soon, S. V. (2007) *A Two-Stage Scenario-Based Stochastic Programming Approach to Pre-Positioning Hurricane Supplies*, Yüksek Lisans Tezi, Alabama: Auburn Üniversitesi, Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü.

Tervonen, Tommi, Juscelino Almeida-Dias, José Figueira, Risto Lahdelma ve Pekka Salminen (2005) “SMAA-TRI: A Parameter Stability Analysis Method for ELECTRE TRI”, *Environmental Security in Harbors and Coastal Areas* içinde (der. I. Linkov, G.A. Kiker ve R.J. Wenning), Dordrecht: Springer.

Tervonen, Tommi, Joonas Hokkanen ve Risto Lahdelma (2008) “Elevator Planning with Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis”, *Omega*, 36(3), s. 352-362.

Tervonen, Tommi, Igor Linkov, José Rui Figueira, Jeffery Steevens, Mark Chappell ve Myriam Merad (2009) “Risk-based Classification System of Nanomaterials”, *Journal of Nanopartical Research*, 11(4), s. 757-766.

Tervonen, Tommi, Gert Van Valkenhoef, Erik Buskens, Hans L. Hillege ve Douwe Postmus (2011) “A Stochastic Multicriteria Model for Evidence-Based Decision Making in Drug Benefit-Risk Analysis”, *Statistics in Medicine*, 30(12), s. 1419-1428.

Thomas, Anisya S. ve Laura Rock Kopczak (2005) “From Logistics to Supply Chain Management: The Path Forward in the Humanitarian sector”, *Fritz Institute*, 15, s. 1-15.

Thomas, Anisya ve Mitsuko Mizushima (2005) “Logistics Training: Necessity or Luxury?”, *Forced Migration Review*, 22, s. 60-61.

Tzeng, Gwo-Hshiung, Hsin-Jung Cheng ve Tsung Dow Huang (2007) “Multi-Objective Optimal Planning for Designing Relief Delivery Systems”, *Transportation Research Part E*, 43(6), s. 673-686.

Ukkusuri, Satish V. ve Wilfredo F. Yushimito (2008) “Location Routing Approach for the Humanitarian Prepositioning Problem”, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Record*, 2089(1), s. 18-25.

The International Disaster Database Internet Sitesi (2013), *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED) 2013, www.emdat.be/classification, Erişim tarihi: 26 Aralık 2013.

smaa.fi İnternet Sitesi (tarihsiz) www.smaa.fi/jsmaa Erişim tarihi: 27 Ocak 2014.