

ACİL İSTİHBARAT, GÖZETLEME VE KEŞİF İHTİYAÇLARI İÇİN MİNİ İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ YER KONTROL İSTASYONLARININ SEÇİMİ

Ömer Faruk KURBAN*
Tuncay CAN**

Özet

Acil istihbarat, gözetleme ve keşif ihtiyacı güvenlik birimlerinin olaylara müdahale esnasında esas unsur olarak her zaman öncelik teşkil etmektedir.

Bu çalışmada, farklı kaplama mesafelerine sahip mini İnsansız Hava Araçlarının iç güvenlik hareketi ve hudut güvenliği kapsamında acil istihbarat, gözetleme ve keşif elde etme görev etkinliğini artırmak için, ilk önce değişen hava şartları ve koşulların etkisi olmaksızın maksimal kaplama problemi, daha sonra değişen hava şartları ve koşulların etkisi altında hizmet verememe olasılık değerlerinin kullanıldığı maksimum beklenen kaplama problemi olarak sorumluluk sahasındaki en uygun mini İnsansız Hava Araçlarının yer kontrol istasyonlarının yer seçimi yapılmaktadır.

Problem için geliştirilen modelde maksimum kaplama probleminde beş, maksimum beklenen kaplama probleminde on iki olmak üzere toplamda on yedi ayrı senaryo ele alınmış ve her senaryo için GAMS yazılımı kullanılarak optimal çözümler elde edilmeye çalışılmıştır. Daha sonra, problem parametreleri değiştirilmek suretiyle optimal çözümlerin değişimi incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: İnsansız Hava Araçları, Yer Seçimi, İstihbarat, Gözetleme ve Keşif, Tamsayılı Doğrusal Programlama, Maksimum Kaplama Problemi, Maksimum Beklenen Kaplama Problemi.

ALLOCATION OF MINI UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR URGENT INTELLIGENCE, SURVEILLANCE AND RECONNAISSANCE REQUEST

Abstract

Urgent intelligence, surveillance and reconnaissance request has the priority for all security forces while intervening in the events.

* Milli Savunma Bakanlığı, Dr.

** Marmara Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Öğretim Üyesi, Prof.Dr.

The objective of this project is to locate grand control location of Mini Unmanned Aerial Vehicle units which has different coverage capabilities, responsible for obtaining urgent intelligence, surveillance and reconnaissance the problem of finding the optimum locations of mini Unmanned Aerial Vehicle units is modeled firstly under no effect of changing weather and environmental circumstances as a Maximal Covering Location Problem and secondly by putting into the effect of changing weather and environmental circumstances as a Maximum Expected Covering Location problem.

Totally seventeen different scenarios are developed for both model, five for Maximal Covering Location problem and twelve for Maximum Expected Covering Location problem. Optimal solutions were found by using GAMS. Finally, the changes in the optimal solutions are analyzed by altering the problem parameters.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance, Facility Location, Maximal Covering Location Problem, Integer Linear Programming, Maximum Expected Covering Location Problem.

I. GİRİŞ

Günümüzde birçok ülke sınır güvenliğini sağlama konusunda büyük yatırımlar yapmakta ve teknolojinin tüm imkanlarından faydalanmaktadır. Sınır güvenliği bir çok bileşeniyle birlikte gelişmiş ülkelere yapılan göçler, her türlü kaçakçılık, terörizm, gibi unsurların engellenmesini içermektedir. Bu amaçla kullanılan İHA (İnsansız Hava Aracı)'lar ile sınırların gözetilmesi, kaçakçılık ve terörizm gibi hayati öneme haiz olaylara anında müdahale edilmesi, ihtiyaç duyulan acil İGK (İstihbarat, Gözetleme, Keşif) isteklerinin hızlı ve doğru karşılanması ile mümkün olabilmektedir.

Ülkemiz coğrafi yapısı itibariyle yüzyıllardır çeşitli göç ve ulaşım yolları üzerinde bulunmakta olup, Asya ile Avrupa'yı birbirine bağlayan bir köprü konumundadır. Türkiye'nin bu stratejik konumu, bölge ülkeleri arasındaki ilişkiler açısından bakıldığında da, siyasi ve politik bir öneme sahiptir. Komşu ülkelerde yıllardan beri süregelen çatışmalar, iç savaşlar ve rejim değişiklikleri ile terörist faaliyetler, ülkemizin sınır güvenliğini ciddi olarak tehdit etmektedir. Kara Kuvvetleri Komutanlığına verilen bu kutsal ve zor görevin eksiksiz icra edilmesi hayati öneme haizdir. Ülkemiz, terör örgütlerinin faaliyetlerini durdurmak amacıyla doğu ve güneydoğu sınırlarında, doğudan batıya doğru ilerleyen kaçakçılık yollarının durdurulması ve yok edilmesi için de kara ve deniz sınırlarımızda etkin sınır tedbirlerini almaktadır.

Belirli bir alanda bulunan arazide üslenmiş özel kuvvet unsurları, komando timleri, yerleşim bölgesindeki istihbarat mensupları, kaçakçılıkla mücadele eden emniyet özel harekât birimleri, hudut görev birlikleri vb. unsurlar eş zamanlı olarak görevlerini eksiksiz icra etmek amacıyla acil İGK talep etmektedirler. Harekat merkezi gibi tek merkezde toplanan bu talepler öncelik derecelerine göre değerlendirilir ve bir sıralama yapılır. Derecelendirmeye göre talep yapılan bölgedeki İHA'lar harekete geçirilir. İHA'lardaki esas nokta, hava araçlarının uçurulması ve görüntü elde edilmesi kadar, verilerin aktarımı, değerlendirilmesi ve ihtiyaçları karşılanması

olarak değerlendirilebilir. Yani elde edilen bilgiyi diğer bilgilerle birleştirilerek analiz edilmesi ile ortak bir taktik ve stratejik sonuç elde edilir. Ortaya çıkan bu sonucun talep eden unsurlara en hızlı şekilde aktarılması ve unsurların hızlı bir şekilde operasyon için harekete geçmesi ile istenilen sonuç ancak elde edilebilmektedir.[1]

İGK elde bulunan istihbarat toplama araçlarının planlanması ve senkronize edilmesiyle mevcut ve gelecekteki operasyonlara doğrudan destek sağlayan entegre bir faaliyettir. Bu entegre istihbarat ve operasyon fonksiyonu mümkün olan en iyi istihbarat üretmek için sınırlı istihbarat toplama vasıtalarından maksimum toplamayı sağlamak amacıyla detaylı bir planlamaya ihtiyaç duymaktadır. İGK sistemi teknik vasıtaları ve insan kaynaklarını kullanarak düşmanın teşkilâtını, tertibatını, kuvvetli ve zayıf taraflarını ve maksadını ortaya çıkarmaya çalışır. Edilen bilgilerin hızlı bir şekilde ihtiyaç sahiplerine dağıtılmasına olanak sağlayan yeni teknolojiler, hareket ortamında durumsal farkındalığı da artırmaktadır. [2]

Durumsal farkındalık da farklı algı ve haber kaynaklarının bir arada, koordineli çalışması zorunludur. Çeşitli duyu organlarından elde edilen ham bilgi, merkezi sinir sisteminde veriye dönüştürülür, veri ise gerekli eylemi tatbik etmek için kullanılır. bu süreci en hızlı tamamlayan kişi, kurum ya da organ, rakibi ya da hasmı üzerinde hakimiyet kurar. Yani başka bir deyişle çevresindeki değişiklikler ve hasmının hareketini mümkün olan en süratli şekilde tespit edip, hasmın niyetini analiz ettikten sonra onun önünü kesmek, önlemek için en erken davranan taraf zafere ulaşır. Durumsal farkındalık, sürati, dinamizmi gerektirir. Statik, durağan önlemler etkisizdir. Dolayısıyla önceden fark etmek tek başına yeterli değildir. Tespitten teşhise, teşhisten eyleme süratli geçebilmek esastır.[1]

Oygür (2012,s.8-15)'e göre durumsal farkındalık; ihtiyaç duyulan en az bilgiyi toplamak, işe yaramayan bilgileri elemek; bu veriyi analiz etmek ve kullanılabilir hâle getirmek; bir başka deyişle veriyi toplamaktan çok onunla bir şeyler yapabilmek olarak tanımlanmaktadır. [3]

Muharebe sahasında istihbarat üstünlüğünün elde bulundurulması, taktik resmi en kısa sürede oluşturma ve komutanların zamanında ve doğru karar vermelerinin temel şartlarından birisidir. [4]

Makalenin 2. Bölümünde tesis yeri seçimi problemleri ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar özetlenmiştir. Bölüm 3'de, mini İHA'ların anlık İGK ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla geliştirilen yer kontrol istasyonlarının seçimine yönelik matematiksel model açıklanmıştır. Bölüm 4'de ise Maksimum Kaplama ve Maksimum Beklenen Kaplama senaryolarından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve son bölümde sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

II. TESİS YERİ SEÇİMİ PROBLEMLERİ

Tesis yeri seçim problemi günlük yaşamda sık karşılaşılan eniyileme problemlerindedir. Hem kamu kuruluşu hem de özel sektör kuruluşları olsun neredeyse tüm organizasyonlar bu

problem ile karşı karşıya kalmaktadır. Kamu kurumları vatandaşa hizmet verecekleri hizmet noktalarını (okullar, hastaneler, acil servis binaları vb.) en iyi konumlara yerleştirmeye çalışırken, özel sektör ise üretim merkezleri, satış noktaları ve depoların yerleri ile ilgili kritik kararlar vermek durumunda kalmaktadır.

Genel olarak tesis yeri seçim problemleri n adet tesisin m adet konuma ($n < m$) taşıma maliyetlerinin minimize edilecek şekilde yerleştirilmesi konusu ile ilgilenmektedir. Tanımı biraz daha açacak olursak; bir grup hizmet veren tesisin bazı kısıtlar göz önünde bulundurularak, müşterilerin (talep noktası) taleplerinin karşılanması maliyetlerini minimum düzeye indirecek şekilde uygun konumlara yerleştirilmesini ve her bir müşterinin hizmet veren tesislere atanmasını kapsayan problemlerdir. Tesis yeri seçim problemi mutlaka coğrafik olarak farklı yerlerde olan tesislerin yerleştirilmesi olarak düşünülmemelidir. Bu konuda geliştirilen bir model fabrika içindeki tezgah ya da departmanların yerleşimi için de rahatlıkla uygulanabilir. [5]

Tesis yeri seçimi konusunda literatürdeki ilk çalışma yirminci yüzyıl başlarında Alfred Weber tarafından yapılmıştır. Weber çalışmasında üç talep noktasından birisini minimum taşıma maliyeti oluşacak şekilde diğer iki tesise hizmet veren tesis olarak belirlemeye çalışmıştır. Bu amaçla talep noktaları ile hizmet noktası arasındaki toplam mesafeyi minimize etmek için bir model ortaya koymuştur.[6]

Gleason (1975) otobüs duraklarının yerlerinin belirlenmesiyle ilgili bir çalışma geliştirmiştir.[7]

Toregas ve ReVelle (1972) zaman ve mesafe kısıtları altında, acil servislerin faaliyetlerinin en iyi yer seçimi ile ilgili, Schilling,(1980) yangın istasyonlarının konuşlandırılması, Price ve Turcotte (1986) kan merkezlerinin konuşlandırılması, Swerese ve Thakur (1995) otomobil emisyon ölçüm merkezlerinin konuşlandırılması gibi yer seçimi uygulamalarına yönelik çalışmalar yapmışlardır.[8,9,10]

Brandeu ve Chui (1989) yer seçimi araştırmasında çalışılan problemleri içeren bir araştırma yapmışlardır. 50' den fazla problem tipi tanımlamışlar ve bu problem tiplerinin birbirleriyle nasıl ilişkili olduklarını göstermişlerdir.[11]

Literatürde, planlamacılara veya sistem yöneticilerine tesislerin yer seçimi kararında yardımcı olmak amacıyla geliştirilmiş olan ve optimum veya optimuma yakın tesis yer seçimini sağlayan çok sayıda problem yer almaktadır. Bu problemler beş büyük gruba ayrılabilir;

Küme Kaplama Problemleri,

- Maksimum Kaplama Problemleri,
- P-Merkez, Problemleri,
- P-Medyan Problemleri,
- P-Dağılım Problemleri.

Burada kaplama bir tesisin belirlenmiş bir mesafe standardı içerisinde belli bir bölgedeki noktaları tarayabilmesi demektir. Söz konusu standartlar çeşitli hizmetlerin etkin bir şekilde yerine getirilebilmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak Klamroth ve Hamacher'ın engebeli bölgelerde tesis yeri seçimi çalışmaları da bulunmaktadır. [12,13,14,15].

Son yirmi yıl içinde kaplamayı tesis yerleşiminde etkinlik ölçütü olarak kullanan çok sayıda model geliştirilmiştir. Bu modellerin çoğu, ReVelle (1989) tarafından incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.[16]

Church ve ReVelle (1974) mevcut tesis sayısının tüm bölgeleri kaplamak için gerekli tesis sayısından daha az olduğu durumları ele almak amacıyla Küme Kaplama Modelini geliştirmişlerdir. Bu yeni formülasyonda amaç, eldeki kısıtlı sayıda tesisle kaplanan talep noktalarını maksimize etmektir. Bu model Maksimum Kaplama Modeli olarak adlandırılmıştır. [16]

Schilling, Jayaraman ve Barkhi (1993) tesis yer seçimi problemi teorisindeki problemlerden biri olarak, Maksimum Kaplama Problemleri sabit sayıdaki tesisler için belirtilen kritik bir mesafede ya da istenilen süre içinde kaplanan talep noktalarının sayısını maksimize eder. Bütün talep noktalarının kaplanması bir koşul değildir Boffey ve Narulla (1998) çok amaçlı kaplama problemlerini araştırmışlardır.[17]

Megiddo, Zemel ve Hakimi (1983) Maksimum Kaplama Problemlerini bir ağaç şebekesinde tanımlamış ve bunun için bir çözüm algoritması sunmuştur. [18,19]

Daskin, Hogan ve ReVelle (1988) kaplama modellerinin çoklu, ek, yedek ve beklenen kaplama gibi uzantılarını incelemiştir.[20]

II.1. Geçmiş Çalışmalar

Türkiye'de Sarıkaya (2003) "Turizm Bölgelerindeki Jandarma Karakollarının Konuş Yerlerinin Belirlenmesi" Maksimum kaplama Tanergüçlü ise (2004) "Sabit Nokta Hava Saunmasında 35 mm.lik Oerlikon Bataryalarının Optimum Mevzii Bölgelerinin Belirlenmesi" problemlerini Maksimum Beklenen Kaplama problemi olarak modellemiştir. [21,22]

Carlıoğlu (2005) "Ege Bölgesinde Deniz Kuvvetleri Komutanlığına Ait Sahil Gözetleme Radarlarının Yeniden Yerleştirilmesi» adlı çalışmasında küme kaplama yöntemi kullanılarak Ege kıyılarına sahil gözetleme radarlarının yer seçimini çalışmıştır.[23]

Açıkgöz (2006) "Türk Silahlı Kuvvetleri Arama Kurtarma Timlerinin Yerleşiminin Yeniden Düzenlenmesi" adlı çalışmasında Arama Kurtarma İstasyonlarının konuş yerlerinin belirlenmesi problemi Maksimum Kaplama Problemi ile modellenmiştir.[24]

Moshe Kress and Johannes O. Royset (2007) "Aerial Search Optimization Model (ASOM) for UAVs in Special Operations" adlı çalışmasında kısa menzile sahip İHA'ların yer kontrol istasyonlarının yer seçimi ve uçuş rotalarının optimizasyon problemini iki aşamalı optimizasyon

problemi olarak modellemiştir. Değişen hava şartları ve koşulların etkisi probleme yansıtılmamıştır. Bunun yerine İHA menzili, arazi yapısı ve muharebe kabiliyetleri kısıt olarak kullanılmıştır.[25]

Ayöperken (2010) “İnsansız Hava Araçları İçin Üs Konumlarının Kapsama Alanı Problemi Olarak Modellenmesi ve Eniyilenmesi” adlı çalışmasını farklı tip, menzil ve maliyeti sahip İHA'lar ile tesis yeri seçimi problemi olarak modellemiştir. Hedeflerin her biri için ayrı bir öncelik veya önem katsayısı belirlemiş ve bütün aday üs noktaları maliyet, coğrafya, lojistik ve hava durumundan kaynaklanan ilave kısıtlara ayırmıştır. Model İHA'ların atandıkları üslerdeki kapsama alanını en büyüklenmeye çalışılmıştır.[26]

Bu çalışmada ise farklı kaplama mesafelerine sahip mini İHA'ların görev etkinliğini arttırmak için, ilk önce değişen hava şartları ve koşulların etkisi olmaksızın Maksimal Kaplama problemi, daha sonra değişen hava şartları ve koşulların etkisi altında hizmet verememe olasılık değerlerinin kullanıldığı Maksimum Beklenen Kaplama problemi tam sayılı doğrusal programlama modeli ile sorumluluk sahasındaki en uygun mini İHA yer kontrol istasyonlarının yer seçimi yapılmaktadır. Diğer çalışmalardan en büyük farkı ülkemizde mini İHA'ların yer kontrol istasyonu seçimi çalışması daha önce yapılmamış olmakla birlikte modelde farklı tip ve menzile sahip mini İHA'ların kullanılması ve değişen hava şartları ve koşulların etkisi içeren hizmet verememe olasılık değerlerinin kullanıldığı Maksimum Kaplama ve Maksimum Beklenen Kaplama probleminin aynı modelde çalışılmasıdır.

III. PROBLEM TANIMI

Probleme ilgili geliştirilen modelde, SAFİR ülkesinin hudut hattı güvenliğinin artırılması maksadıyla Safir ile Demir ülkesi hudut hattı boyunca konuşlandırılacak, güvenlik birimlerinden gelen anlık İGK ihtiyaçlarını karşılayabilecek, İHA istasyonlarının konuşlandırılması, öncelikle değişen hava şartları ve koşulların etkisi olmadan maksimal kaplama problemi olarak, daha sonra ise değişen hava şartları ve koşulları altında hizmet verememe olasılıklarının da probleme dahil olmasıyla maksimum beklenen kaplama problemi olarak çözüm aranacaktır.

Kurulan bu istasyonlardan anlık İGK ihtiyaçlarına cevap vermek üzere Harekat merkezinden (24 saat esasına göre görev icra edilen anlık olayların takip edildiği cari merkez) görev emrini almak suretiyle istek yapılan bölgedeki en uygun istasyondan İGK isteğinin karşılanması yoluna gidilecektir.

İHA'ların yer kontrol istasyonlarının konuşlandırılması her arazi kesiminin, sahip olduğu bölgesel karakteristiklere bağlı olarak farklılık arz etmektedir. Bölgesel farklılıkları göz önüne alan kısıtları oluşturabilmek için her aday noktasına İHA uçuşuna müsait olması, istihbarat duyumu yoğunluğu, kaçakçılık yoğunluğu durumu, yaşanan terör olayları yoğunluğu ve ulaşım durumu özelliklerine bölgede görev yapmış ve yapmakta olan uzman personelin görüşleri ışığında ağırlık değerleri verilmiştir. Aday noktalarının değerlendirme katsayıları ve talep noktalarının

ağırlık değerlerinin 1-10 arasında derecelendirilmesinde Sarıkaya'nın (2003) çalışmasından faydalanılmıştır. Bunlar İHA istasyonlarının konuş yerlerinin ve sorumluluk sahalarının belirlenmesinde dikkate alınan temel özelliklerdir.

Bu modelde karar değişkenlerinin tümü (0/1) tamsayı değişkenler olarak ele alınmıştır. Bu şekilde herhangi bir aday noktasına en fazla bir adet İHA istasyonu konuşlandırılabilen ve Maksimum kaplama probleminde her istek noktası da sadece bir kez kaplamaktadır. Ancak bu şart maksimum beklenen kaplama probleminde hizmet verememe olasılıkları dahil edildiğinde olasılık değerlerinden dolayı aranmamaktadır. Aşağıda modelin temel elemanları olan aday noktaları ve istek noktalarının belirlenmesi ile bölgesel karakteristik değerlerini yansıtan parametrelerin saptanması açıklanmaktadır.

III.1. Matematiksel Modelin Girdileri

SAFİR ile DEMİR ülkelerinin hudut hattı boyunca arazi kesimi dağlık ve kırsal alandan oluşmasından, hudut hattının dağlık yapısından kaynaklı, geçiş güzergâhı olarak kullanılan boğaz, geçit, vadi benzeri coğrafi alanların mevcut olması sebebiyle farklı bölgesel özelliklere sahip 52 adet nokta belirlenmiştir. Aday noktaları belirlenirken arazi incelemesi yapılmış, ayrıca askeri uzmanların ve bölgeyi bilen personelin görüşleri alınmış ve bölgedeki olaylarla ilgili olarak mevcut geçmiş veriler incelenmiştir.

Bu noktalarının seçiminin nasıl yapılacağını gösteren belirgin bir yöntem mevcut değildir. Belli bir bölgedeki pek çok nokta, aday noktası olarak düşünülebilir ve her biri farklı karakteristiklere sahip olabilir. Amaç, maksimum kaplamanın sağlanması ve maksimum beklenen değer artırılması olduğundan her aday noktasının, kaplama kabiliyetlerini ve İHA uçuşuna müsait olması, istihbarat duyum yoğunluğu, kaçakçılık yoğunluğu durumu, yaşanan terör olayları yoğunluğu ve ulaşım durumu özelliklerini sağlıklı bir şekilde değerlendirebilmektir.

İstek noktalarının modele girilmesi de oldukça önemlidir. Çünkü istek noktaları İHA istasyonlarının faaliyet alanlarını kapsamaktadır. İstek noktaları İHA istasyonlarına istek veya tehdidin nereden geldiğini gösterir ve modele şekil veren en önemli unsurdur. Tehditler herhangi bir noktadan gelebileceği için, istek noktaları bir bölge içinde herhangi bir nokta olabilir.

Her talep noktası belirli bir kapsama alanını ifade eder ve istek noktalarının önem dereceleri birbirinden farklı olabilmektedir. Talep ve aday noktaları belirlenirken Safir Ülkesi hudut hattı boyunca son 5 yıl içinde (8 Mayıs 2008-8 Ağustos 2013) meydana gelen kaçakçılık ve terör olayları dikkate alınmıştır. Bir kilometre karelik alan içinde meydana gelebilecek herhangi bir olay ya da olaylar sadece bir adet istek noktası tarafından temsil edilmektedir. Model, aday noktalarının en fazla sayıda istek noktasını kaplamasını sağlamaya çalışmaktadır. Safir Ülkesi hudut hattı boyunca aday noktaları ile istek noktalarının gösteren jenerik harita EK-A'dadır. İstek ve Aday Noktalar arası mesafe matrisi Oziexplorer harita programı kullanılarak hazırlanmıştır.[27]

III.2. Modelin Parametreleri ve Varsayımları

Modeli ve çözümü anlatmadan önce çözümü etkileyecek olan bazı varsayımların açıklanması gerekmektedir. Bunlar, konuşlandırılacak İHA istasyon sayısı, kaplama mesafeleri, bölgesel karakteristikler ve İHA istasyonlarının değişen şartlar altında hizmet verememe olasılık değerleri ile ilgilidir.

SAFİR Ülkesinin içerisinde olduğu ekonomik sıkıntıları ve İHA sistemlerinin maliyetlerinin yüksek olması konuşlandırılacak İHA istasyonu sayısını sınırlamaktadır. Karar vericiler tarafından konuşlandırılması istenen İHA istasyonu sayısına göre en uygun konuş yerleri ve sorumluluk sahaları değişmektedir. Problemden bir istek noktasına sadece bir adet İHA istasyonu tarafından hizmet verilmesi durumu ele alınmıştır.

Her aday ve istek noktasının kendine özgü bölgesel karakteristik değerleri problemin çözümünde diğer önemli bir husustur. Bu değerler için derecelendirme kriterleri belirlenmiş, bu kriterler dikkate alınarak puanlamaya gidilmiş ve böylece aday noktaları ile ilgili belirsizlikten azami derecede uzaklaşmaya çalışılmıştır. Aday noktaların bölgesel değerlendirilme katsayıları EK-B'dedir. Her bölgesel karakteristiğin aynı derecede öneme sahip olduğu varsayılmış ve aday noktalarına her bölgesel karakteristik için 10 puan üzerinden değerler verilmiştir. Bu hususla ilgili detaylar aşağıda açıklamaktadır.

Arazinin İHA uçuşuna müsait değerlendirmesi yapılırken, aday noktasının bulunduğu arazinin diğer noktalara nazaran hakim alanda, rakımca yüksek olan, mahkumda kalmayan, görevin icrasını müteakip iniş yapacak açık ve düz arazi yapısına sahip, emniyet ihtiyaçlarını karşılayan aday noktaları İHA uçuşuna müsait olması 10 puan ile derecelendirilirken, mahkum arazide kalan, iniş yapacak açık ve düz arazi yapısına sahip olmayan, emniyeti açısından sakıncalı, görüş sahası kapalı, ormanlık ve kayalık arazi kesimlerindeki aday noktaları ise İHA uçuşuna müsait olması açısından en düşük değerle derecelendirilmiştir.

İstihbarat duyumu yoğunluğu, kaçakçılık olayları yoğunluğu ve terör olayları yoğunluğu kriterlerinde son 4 yıl içinde (8 Mayıs 2010-8 Ağustos 2014) karşılaşılan olayların yoğunlukları esas alınmıştır. Bir bölgede olay yoğunluğu ne kadar fazla ise ihtiyacı da o oranda artmaktadır. Değerlendirme yapılırken aday noktasının bulunduğu yeri merkez olmak üzere, İHA istasyonlarının farklı kaplama mesafesindeki olay yoğunlukları ele alınmıştır. Aşağıda Tablo-1'de istihbarat duyumu yoğunluğu, kaçakçılık olayları yoğunluğu ve terör olayları yoğunluğu açısından aday noktalarının alabileceği puanlar tablosu görülmektedir.

Tablo 1. İstihbarat Duyum Yoğunluğu, Kaçakçılık Olayları Yoğunluğu, Terör Olayları Yoğunluğu

Yoğunluk	Puan
5 ve daha az	1
5-10	2
10-20	3
20-30	4
30-40	5
40-50	6
50-60	7
60-70	8
70-80	9
80 ve yukarı	10

İHA istasyonlarının ulaşım kolaylığı anlık gelecek olan İGK isteklerine derhal cevap verebilmesi açısından önem arz etmektedir. Buna göre ulaşım kolaylığı ile ilgili yerleşim yeri köy, belde, üs bölgesi veya karakol noktalarına yakınlığı ile değerlendirilen puanlama aşağıda Tablo-2'de sunulmaktadır.

Tablo 2. Ulaşım Kolaylığı

metre	Puan
9000-10000	1
8000-9000	2
7000-8000	3
6000-7000	4
5000-6000	5
4000-5000	6
3000-4000	7
2000-3000	8
1000-2000	9
0-1000	10

Bölgesel karakteristiklerden ulaşım durumu ile ilgili puanlama, aday noktalarının bulunduğu yerin bağlantı yollarına tugay, tabur, bölük veya üs bölgesine yakınlığı ve bu yolların ulaşımına elverişlilik seviyesi (asfalt, stabilize, toprak yol) dikkate alınarak yapılmıştır. Safir ile Demir ülke hududuna ait aday noktalarının bölgesel karakteristiklerine ait istek noktalarının ağırlıklı değerleri EK-C'dedir.

III.3. Matematiksel Modelin Formülasyonu

Modelin çözümünde birinci aşamada hava şartları ve rüzgar etkileri olmaksızın maksimal kaplama, ikinci aşamada ise gerçek şartlarda karşılaşılan hava şartları ve rüzgar etkilerine göre oluşturulan hizmet verememe olasılıkları modele dahil edilerek çözüm aranacaktır. Her iki model İHA da kar yağışında ve rüzgar hızınının 35 knotdan fazla olması durumunda hizmet verememektedir. Uzman görüşleriyle oluşturulan değişen hava şartları ve koşullara göre hizmet verememe olasılık değerleri Ek-Ç Tablo-3'de sunulmuştur.

Bu çalışmada kullanılan notasyon aşağıda verilmiştir.

İndisler:

\dot{I} = talep noktaları kümesi $i=1, \dots, 52$

j : potansiyel İHA istasyon noktaları

K = kaplama sayısı $K=1, \dots, (A+B+C)$

Parametreler:

w_i : kaplaması istenilen i noktasının ağırlık değeri,

r_A = A tipi İHA nın kaplama mesafesi(menzili)

r_B = B tipi İHA nın kaplama mesafesi(menzili)

r_C = C tipi İHA nın kaplama mesafesi(menzili)

d_{ij} : i ve j noktaları arasındaki mesafe.

p : hizmet verememe olasılığı

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1 & d_{ij} \leq r_A \\ 0 & \text{diğer hallerde} \end{cases}$$

$$\beta_{ij} = \begin{cases} 1 & d_{ij} \leq r_B \\ 0 & \text{diğer hallerde} \end{cases}$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & d_{ij} \leq r_C \\ 0 & \text{diğer hallerde} \end{cases}$$

Karar Değişkenleri :

$$Z_{ij} = \begin{cases} 1 & i \text{ noktası } k \text{ defa kaplandıysa,} \\ 0 & \text{diğer hallerde,} \end{cases}$$

$$x_i = \begin{cases} 1 & i \text{ noktasına A tipi İHA konuşlanıyorsa,} \\ 0 & \text{diğer hallerde,} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1 & i \text{ noktasına B tipi İHA konuşlanıyorsa,} \\ 0 & \text{diğer hallerde,} \end{cases}$$

$$q_i = \begin{cases} 1 & i \text{ noktasına C tipi İHA konuşlanıyorsa,} \\ 0 & \text{diğer hallerde,} \end{cases}$$

Model:

$$\text{Max} \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^{A+B+C} (1-p) p^{k-1} w_i z_k \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^{A+B+C} Z_k \leq \sum_{i=1}^3 \alpha_j x_j + \sum_{i=1}^3 \beta_j y_j + \sum_{i=1}^3 \delta_j q_j \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^3 x_i \leq A \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^3 y_i \leq B \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^3 q_i \leq C \quad (5)$$

$$x_i + y_i + q_i \leq 1 \quad \forall i \quad (6)$$

$$x_i \in \{0,1\}$$

$$y_i \in \{0,1\}$$

$$q_i \in \{0,1\}$$

$$z_{ik} \in \{0,1\}$$

Amaç fonksiyonu (1)'de W_i karar değişkeni istek noktalarının önem derecesini (ağırlıklı değer), p hizmet verememe olasılıkları kullanıldığında her i noktasının kaplanma değerine Z_{ik} değerine bağlı olarak, beklenen kaplama değerinin maksimum olması, aynı şekilde hizmet verememe olasılıkları sıfır olduğu durumlarda her i noktasının kaplama değeri Z_{ik} bağlı olarak maksimum kaplamanın sağlanması hedeflenmektedir.

Kısıt (2), istek noktalarının kaplaması ile ilgilidir ve istek noktasının İHA istasyonu tarafından kabul edilebilir hizmet mesafesi içinde kaplanıp kaplanmadığını belirtir. Eğer i noktasının kaplama mesafesi içinde herhangi bir j noktasında İHA istasyonu yerleştirilirse i noktası kaplanmış ($Y_i=1$), eğer kaplama alanı içindeki hiç bir noktaya İHA istasyonu yerleştirilmez ise, i noktası kaplanmamış ($Y_i=0$) olacaktır. i noktası kaplanmışsa ($Y_i=1$), bu noktayı kapsamına alan en fazla bir tane istasyon bulunmak zorundadır. Yani bir istek noktası aynı zamanda iki İHA istasyonu tarafından kaplanamaz.

Kısıt (3), A tipi İHA sayısını belirtir.

Kısıt (4), B tipi İHA sayısını belirtir.

Kısıt (5), C tipi İHA sayısını belirtir.

Kısıt (6), bir aday noktasına birden fazla İHA istasyonu yerleştirilemeyeceği şartını sağlar.

IV. SENARYOLARIN ÇÖZÜMLERİ

Bu çalışmada, teknik özellikleri itibariyle farklı kaplama mesafeleri sahip iki farklı tip İHA için öncelikle hava şartları ve değişen koşulların etkisi olmadan beş Maksimum Kaplama Senaryoları, daha sonra ise hava şartları ve değişen koşulların etkisini de probleme dahil edilmesiyle ortaya çıkan hizmet verememe olasılıklarının kullanıldığı oniki Maksimum Beklenen Kaplama Senaryoları olmak üzere toplamda onyediyen senaryo incelenmiştir.

Modelin uygulandığı hudut hattı yoğun dağlık arazi olması ve hava şartları ve değişen koşulların gerçek durumlara örnek teşkil etmesi açısından ve her iki tip İHA sistemi için imkan kabiliyetlerinden dolayı farklı kaplama mesafeleri alınarak senaryolarda çözümler elde edilmiştir. Ayrıca her senaryo için problem parametreleri (kaplama mesafesi, konuşlandırılacak İHA istasyon sayısı, seçilen aday noktalarının yerleri ve hizmet verememe olasılıkları) değiştirilerek elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Senaryolar, konuşlandırılacak İHA istasyonlarındaki bulunacak İHA'ların teknik özellikleri göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir. Her senaryoda en fazla İGK isteğine, zamanında cevap verebilecek edebilecek en az sayıda İHA istasyonunun yerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Tüm modeller için yüksek maliyetleri ve gerçek durumu yansıtmaması açısından elimizde bulunan İHA sayısı kısıtlıdır ve problem bu kısıtı dikkate alarak çözülmüştür.

Hava şartlarının uçuşa tamamen müsait olması, yoğun kar yağışı ve fırtına şartlarında İHA'nın hizmet verememe olasılıkları 0 ve 1 değerlerini alması sebebiyle beklenen kaplama değeri çözümleri incelenmemiştir.

Bir problemin matematiksel modelinin optimal çözümü elde edildikten sonra, model parametrelerinde meydana gelebilecek değişikliklerin çözüm üzerindeki etkisinin incelenmesini amaçlayan duyarlılık analizinin yapılması da önemlidir. Doğrusal programlama problemlerinde bu analiz kolayca yapılabilmekte fakat, burada geliştirilen modelde olduğu gibi, tamsayı programlama modellerinin çözümü üzerinden yapılan duyarlılık analizi geçerli sonuçlar vermemektedir. Bu tip modellerde her defasında model parametreleri değiştirilerek problemin yeniden çözülmesi ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması gerekmektedir.

Modelde kullanılan tüm İHA tiplerinin üzerinde bulunan gece ve gündüz kameralarının aynı özelliklere sahip olduğu varsayılmaktadır.

Maksimum kaplamada amaç, en az sayıda İHA istasyonu ile mümkün olan en fazla sayıda istek noktasını kaplamaktır. Hava şartları ve değişen koşulların etkisini de probleme dahil edilmesiyle ortaya çıkan hizmet verememe olasılıklarının kullanılmasıyla beklenen kaplama değerinin maksimize edilmesi amaçlanmaktadır. Her senaryo için tam kaplama (%100) sağlanıncaya kadar konuşlandırılacak İHA istasyon sayısı birer artırılmış ve kaplama oranları belirlenmiştir. Konuşlandırılacak İHA istasyon sayısına bağlı olarak seçilen aday noktalarının yerleri ve kaplama oranları değişmektedir.

Maksimum beklenen kaplama senaryoları için EK-Ç Tablo-3' deki Değişen Hava Şartları ve koşullara Göre Hizmet Verememe Olasılık Değerleri kullanılarak oluşturulan beklenen kaplama değerinin maksimize edilmesi çözümleri incelenmiştir.

V. SONUÇ

Bu çalışmada jenerik olarak seçilen sorumluluk sahası boyunca anlık İGK sağlayan İHA yer kontrol istasyonlarının yer seçimi problemi, öncelikle hava şartları ve değişen koşulların etkisi olmadan Maksimal Kaplama Problemi, daha sonra ise hava şartları ve değişen koşulların etkisinin de probleme dahil edilmesiyle ortaya çıkan hizmet verememe olasılıklarının etkisinin kullanıldığı Maksimal Beklenen Kaplama Problemi olarak iki aşamada çözümleri incelenmiştir.

Modelde teknik özellikleri itibariyle farklı kaplama mesafeleri sahip iki farklı tip İHA için öncelikle hava şartları ve değişen koşulların etkisi olmadan maksimum kaplama sağlanması amacıyla ilk dört senaryoda İHA tipleri ayrı ayrı, mevcut şartlar itibariyle mümkün olmamakla birlikte, beşinci senaryoda ise aynı anda sorumluluk bölgesinde farklı kaplama mesafelerine sahip iki ayrı İHA tipinin aynı anda farklı noktalarda konuşlandırılması incelenmiştir. Daha sonra ise hava şartları ve değişen koşulların etkisini de probleme dahil edilmesiyle ortaya çıkan hizmet verememe olasılıklarının kullanıldığı oniki senaryo olmak üzere toplamda onyedici senaryo analiz edilmiştir.

Modelde hava şartları ve değişen koşulların etkisi olmadan yani hizmet verememe olasılıkları (p değerleri) 0 alındığında Maksimal Kaplama Problemi olarak sonuçlar alınmaktadır. Maksimal kaplama modeli için konuşlandırılacak İHA istasyonu sayısı arttıkça amaç fonksiyonu değeri ve kaplama oranlarının arttığı görülmektedir. Ayrıca sorumluluk sahasında yüksek kaplama mesafesine sahip İHA'lar görev aldığı daha az miktarda İHA ile tam kaplamanın sağlandığı sonucu elde edilmiştir. Örneğin EK-A'daki jenerik haritada seçilen bölgede tam kaplama 15 km lik kaplama mesafesine sahip 7 adet Dönerkanat İHA ile sağlanırken aynı bölgede 20 km lik kaplama mesafesine sahip Bayraktar İHA kullanıldığında tam kaplama 5 adet İHA ile sağlanmaktadır. Röle sistemi kullanılarak İHA'ların kaplama mesafeleri iki katına çıkarılarak modele uygulandığında, 30 km kaplama mesafesine sahip 3 adet Dönerkanat İHA ile tam kaplamanın sağlandığı, aynı şekilde 40 km lik kaplama mesafesine sahip 3 adet Bayraktar İHA ile tam kaplamanın sağlandığı görülmektedir.

Tedarik maliyetlerinin yüksek olması ve mevcut durum itibariyle mümkün olmamakla birlikte beşinci senaryoda farklı kaplama mesafelerine sahip İHA'ların sorumluk sahasında aynı anda konuşlandırılması senaryosu incelenmiştir. Bu senaryoda 20 km lik kaplama mesafesine sahip 2 adet bayraktar İHA, 1 adet 15 km lik kaplama mesafesine sahip Dönerkanat İHA ve röle sistemiyle kaplama mesafesi arttırılan 2 adet 30 km lik kaplama mesafesine sahip Dönerkanat İHA ile tam kaplamanın sağlandığı ve amaç fonksiyonu değerinin 271 olduğu, aynı şekilde 20 km lik kaplama mesafesine sahip 1 adet Bayraktar İHA, 2 adet 15 km lik kaplama mesafesine sahip Dönerkanat İHA ve röle sistemiyle kaplama mesafesi arttırılan 1 adet 30 km lik kaplama mesafesine sahip Dönerkanat İHA ile tam kaplamanın sağlandığı ve amaç fonksiyonu değerinin 249 olduğu görülmüştür. Maksimum kaplama senaryo çözüm sonuçları EK-Ç Tablo-4'de sunulmuştur.

Maksimum Beklenen Kaplama senaryolarında p değerleri yükseldikçe istek noktalarında maksimum kaplamanın sağlanması amacıyla daha fazla İHA istasyonu kurulması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak yüksek olasılık değerinde İHA sayısı artsa bile beklenen kaplama değerlerinin düştüğü, istek noktalarının farklı İHA istasyonları tarafından birden çok defa kaplandığı görülmektedir. Model yüksek p değerlerinde İHA sayısını artmasıyla kaplama oranını yükseltmeye çalışmaktadır. Beklenen kaplama değerlerinin maksimize edilmesi senaryolarının çözüm sonuçları EK-Ç Tablo-5'te görülmektedir.

Örneğin model sorumluluk sahasında 20 km lik kaplama mesafesine sahip 8 adet Bayraktar İHA'nın konuşlandırılması ve 0.8 p değeriyle çözüldüğünde tam kaplamayı ancak sağladığı ve 183.53 beklenen kaplama değerini aldığı, aynı İHA'nın röle sistemi kullanılarak arttırılan 40 km lik kaplama mesafesi ile model çözüldüğünde 3 adet bayraktar İHA ile tam kaplama sağladığı ve beklenen kaplama değerinin 190.62 olduğu görülmektedir. Bunun sonucunda kaplama mesafelerinin de beklenen kaplama değeri üzerinde olumlu etki yaptığı anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada jenerik olarak seçilen Safir ile Demir ülkeleri hudut hattı boyunca farklı kaplama mesafelerinde İHA istasyon yerlerini temsilen aday noktaları ve bu istasyonların kapsama alanlarından gelen İGK isteklerine cevap verebileceği istek noktaları belirlenmiştir. Aday noktası seçimi, derecelendirmesi ve görev yapmış ve halen görev yapmakta olan uzman personelin görüşleri dikkate alınarak yapılmıştır. İstek noktası girişi ise bölgede meydana gelen olaylar ve yoğunlukları göz önüne alınarak yapılmıştır. Aday noktalarının seçimindeki belirsizliği en aza indirmek ve bölgesel şartların etkisini modele yansıtma amacıyla modele istasyon kurulacak aday noktaların ağırlık değerleri ilave edilmiştir.

Model GAMS yazılımı kullanarak bilgisayarda çözülmüş, her senaryo için çözümler elde edildikten sonra parametrik analizleri yapılmış ve kullanılan kriterlere göre optimal çözümlerin nasıl değiştiği incelenmiştir.

Bütün senaryolarda mevcut İHA miktarlarından bağımsız olarak tam % 100 kaplama sağlanıncaya kadar çözümler aranmıştır. Maksimum kaplama senaryoların çözümlerinin

karşılaştırılması sonucunda bir istek noktasının sadece bir İHA istasyonu tarafından kaplaması şartı aranmıştır.

Model, terörle mücadele ve hudut hattının korunmasında görevli birliklerin karşılaştığı gerçek durumları yansıtması ve geliştirilen modelin farklı arazi kesimleri ve sorumluluk saha- larında da kolayca uygulanabilmesi açısından başarılıdır.

Oluşturulan bu modelin etkinliği ve geçerliliği gerçek durumların modele mümkün olduğu kadar doğru bir şekilde yansıtılmasına bağlıdır. Bu nedenle, aday noktalarının bölgesel karakter- istik değerleri ve özellikle İHA'ların değişen hava şartları ve koşullarda hizmet verememe olasılıkları belirlenirken hudut hattı ve muharebe şartlarında İHA kullanıcısı ve komutan sevi- yesinde görev yapmış, yapmakta olan güvenlik birimleri ve uzman personelinin görüşlerinden faydalanılmıştır.

Modelde, kullanılan İHA tiplerinin teknik imkan ve kabiliyetlerine göre kaplama mesafele- ri, esas alınmıştır. Gelişen İHA tipleri ve bu sistemlerin kullanıldığı arazi şartları değiştiğinde İHA istasyonlarının imkan ve kabiliyetlerini de değiştirecektir. Bu yüzden, değişen durumlara göre her İHA sistemlerinin kaplama mesafesinin de değişeceğinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Hava şartlarındaki değişim hava araçlarının uçuş imkan kabiliyetlerini olumsuz etkilemek- tedir. Daha büyük hava aracı hava şartlarından daha az etkileneceğinden dolayı kaplama me- safeleri daha yüksek olmaktadır.

Dönerkanat İHA'ların herhangi bir hedef tespit ettiğinde hover (Havada askıda kalma) durumunda bekleyip üzerindeki hedefe odaklanma özelliğinden dolayı aynı özelliklere sahip sabit kanat İHA'lara göre hizmet verememe olasılıklarının daha düşük olduğu kabul edilmiştir.

Maksimal Beklenen Kaplama probleminde hava şartları ve rüzgar durumunun uçuşa ta- mamen müsait olması hizmet verememe olasılığının 0, yoğun kar yağışı ve fırtına koşullarında Mini İHA'ların uçuşa müsait olmama durumu olasılığı 1 olması sebebiyle bu senaryolar ince- lenmemiş olup ara durumlar incelenmiştir.

Rüzgarın değişken olarak kabul edildiği durumlarda hava aracının gidiş istikametine göre 90 veya 270 dereceden geldiği kabul edilmiştir. Rüzgarın mini İHA'lara yandan gelmesi durumu uçuşunu olumsuz etkilemektedir.

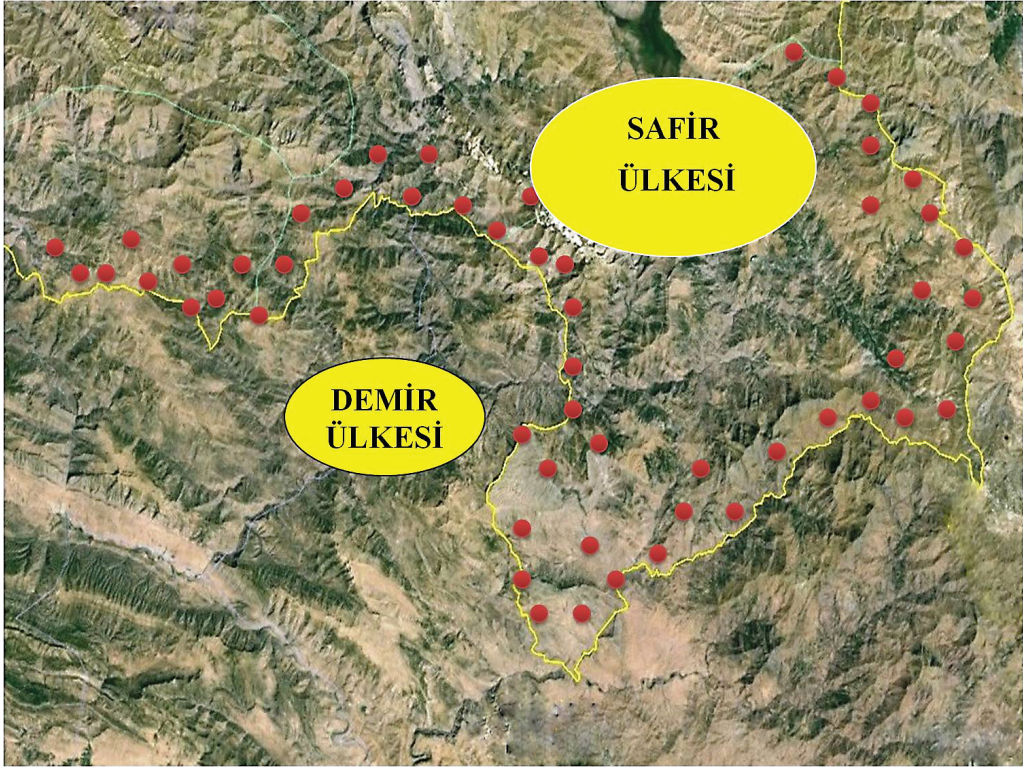
Bu çalışmada, geliştirilen (0/1) tamsayılı programlama modeli GAMS yazılımı ile bilgisay- yarda çözülmüştür. İlerleyen çalışmalarda hudut hattında ve muharebe şartlarında görev yapan birliklerden gelecek anlık İGK taleplerinin de olasılıksal olarak ele alınabileceği problemler düşünülebilir ve çözümünde sezgisel teknikler kullanılabilir.

Yararlanılan Kaynaklar

- [1] Siyah,Gri,Beyaz.(2014). *Bir Süreç Yönetimi Olarak Ağ Merkezli Muharebe*. [http://www.siyahgribeyaz.com /2009/06/haftalk-baks-9-bir-surec-yonetimi.html#more](http://www.siyahgribeyaz.com/2009/06/haftalk-baks-9-bir-surec-yonetimi.html#more). (26 Temmuz 2014)
- [2] Department of The Army.USA.(2004). *FM 7-15 Conduct Intelligence, Surveillance and Reconnaissance*. May. Washington. Art 1.3
- [3] Oygür, L. (2012). *Durumsal Farkındalık ve Jandarma*. Jandarma Dergisi.Ocak.132.s. 8-15.
- [4] Department of The Army.USA.(2004). *FM 2.0 Intelligence*.May.Washington.
- [5] Tavakkoli, R. ve Shayan, E. (1998). *Facilities Layout Design by Genetic Algorithm*, Computers and Industrial Engineering, Vol.35, No:3-4, pp.527-530
- [6] Horst W. Hamacher, Zvi Drezne (2002) “Facility Location Applications and Theory”
- [7] Gleason, J. (1975), “A Set Covering Approach To Bus Stop Location”
- [8] Toregas ve ReVelle (1972)”Optimal Location Under Time or Distance Constraints”
- [9] Price,W.L ve Turcotte,M,(1986) “Location a blood bank “Interfaces 16,17-26
- [10] Berman O., Krass D., (2002) “The Generalized Maximal Covering Location Problem”, Computers and Operations Research, 29: 563-581.
- [11] Brandeu ve Chui (1989) “An overview of representative problems in location research” Journal Management Science Volume 35 Issue 6, June,S.645-674
- [12] Kara Y.B. 2007. Network Hub Location Problems: The State of Art, European Journal of Operational Reseach, Volume 190, pp. 1-21.
- [13] O’Kelly M.E. 1992. Hub Facility Location with Fixed Costs, Papers in Regional Science, Volume 3, pp. 293-306.
- [14] Klamroth K. and Hamacker W.H. (1996). “Planar Location Problems with Barriers Under Polyhedral Gauges”, Kaiserslauten University.
- [15] Mehrez, A. and Stulman, A., “The Maximal Covering Location Problem with Facility Placement on the Entire Plane”, Journal of
- [16] Church, R. ve C. ReVelle. (1974).*The Maximal Covering Location Problem*. Papers of the Regional Science Association, XXXVI, s.101-118.
- [17] Schilling D., Jayaraman V. ve Barkhi R., (1993) “A Review of Covering Problems in Facility Location” Location Science, 1: 25-55
- [18] Megido,N,Zemel,E ve Hakimi,L,(1983),”The Maximum Coverage Location Problem”,Society for Industrial and Applied Mathematics.Vol.4.No:2,June

- [19] Hakimi, S. L. (1964). *Optimum Locations of Switching Centers and The Absolute Centers and Medians of a Graph*. OR.12(3),s.450-459.
- [20] Daskin, M. S. ve STERN, E. H.(1981). *A Hierarchical Objective Set Covering Model for Emergency Medical Service Vehicle Deployment*,vol.2.May.Transportation Science,s.137-148
- [21] Sarıkaya, H.A. (2003). Harekat Araştırması, *Turizm Bölgelerindeki Jandarma Karakollarının Konuş Yerlerinin Belirlenmesi*.Ankara,Kara Harp Okulu.
- [22] Tanergüçlü,T.(2004)”Sabit Nokta Hava Saunmasında 35 mm.lik Oerlikon Bataryalarının Optimum Mevzii Bölgelerinin Belirlenmesi”, Kara Harp Okulu,Ankara
- [23] Carlıoğlu (2005)”Ege Bölgesinde Deniz Kuvvetleri Komutanlığına Ait Sahil Gözetleme Radarlarının Yeniden Yerleştirilmesi”Gazi Üniversitesi, Ankara
- [24] Açıkğöz (2006) “Türk Silahlı Kuvvetleri Arama Kurtarma Timlerinin Yerleşiminin Yeniden Düzenlenmesi” Gazi Üniversitesi, Ankara
- [25] Moshe Kress and Johannes O. Royset (2007) “Aerial Search Optimization Model (ASOM) for UAVs in Special Operations” Naval Postgraduate School, Monterey, CA
- [26] Ayöperken,E (2010)”İnsansız Hava Araçları İçin Üs Konumlarının Kapsama Alanı Problemi Olarak Modellenmesi ve Eniyilenmesi” Hava Harp Okulu,
- [27] Des Newman’s OziExplorer GPS Mapping Software <http://www.ozieplorer.com/> Erişim Tarihi (15 Kasım 2014)

EK-A



EK-B

ADAY NOKTALAR DEĞERLENDİRME KATSAYILARI					
<i>Aday Noktalar</i>	<i>İHA uçuşuna müsaitliği</i>	<i>Duyum yoğunluğu</i>	<i>Kaçakçılık Yoğunluğu</i>	<i>Terör Olayları Yoğunluğu</i>	<i>Ulaşım Kolaylığı</i>
X(1)	6	2	4	3	2
X(2)	7	3	3	1	4
X(3)	3	1	2	5	5
X(4)	3	2	4	6	4
X(5)	10	7	8	7	10
X(6)	8	3	4	2	6
X(7)	3	1	2	1	6
X(8)	3	2	5	4	7
X(9)	2	2	4	3	4
X(10)	2	1	4	4	3
X(11)	10	2	3	4	3
X(12)	2	5	7	6	6
X(13)	9	3	2	5	2
X(14)	8	7	8	7	10
X(15)	10	7	9	8	10
X(16)	7	5	8	6	7
X(17)	10	8	8	7	7
X(18)	10	5	9	6	6
X(19)	6	5	10	2	10
X(20)	10	4	9	5	8
X(21)	8	7	10	8	10
X(22)	9	5	7	4	7
X(23)	5	4	3	6	10
X(24)	7	8	5	7	8
X(25)	10	7	3	9	2
X(26)	8	5	5	8	4
X(27)	3	10	3	8	2
X(28)	10	9	8	9	10

EK-B

ADAY NOKTALAR DEĞERLENDİRME KATSAYILARI					
<i>Aday Noktalar</i>	<i>İHA uçuşuna müsaitliği</i>	<i>Duyum yoğunluğu</i>	<i>Kaçakçılık Yoğunluğu</i>	<i>Terör Olayları Yoğunluğu</i>	<i>Ulaşım Kolaylığı</i>
X(29)	3	5	6	7	3
X(30)	3	4	3	8	2
X(31)	6	7	3	7	1
X(32)	8	4	2	7	5
X(33)	10	5	3	7	2
X(34)	8	9	8	9	10
X(35)	8	4	5	4	2
X(36)	4	2	3	4	2
X(37)	6	4	5	3	4
X(38)	5	3	7	1	2
X(39)	8	3	4	2	3
X(40)	4	6	2	4	6
X(41)	4	3	2	3	8
X(42)	8	7	5	6	6
X(43)	8	7	5	7	8
X(44)	7	5	6	7	7
X(45)	5	3	7	5	6
X(46)	4	3	5	4	7
X(47)	8	9	8	9	10
X(48)	10	7	8	7	10
X(49)	3	7	8	6	9
X(50)	10	3	5	4	3
X(51)	8	4	6	7	9
X(52)	8	5	3	6	10

EK-C
İSTEK NOKTALARININ AĞIRLIKLI DEĞERLERİ

<i>İstek Noktaları</i>	<i>Ağırlık Değerleri (wi)</i>
Y(1)	3
Y(2)	2
Y(3)	2
Y(4)	4
Y(5)	10
Y(6)	3
Y(7)	1
Y(8)	4
Y(9)	3
Y(10)	3
Y(11)	3
Y(12)	6
Y(13)	3
Y(14)	7
Y(15)	8
Y(16)	6
Y(17)	8
Y(18)	6
Y(19)	7
Y(20)	6
Y(21)	8
Y(22)	5
Y(23)	4
Y(24)	7
Y(25)	6
Y(26)	6
Y(27)	7
Y(28)	9
Y(29)	7
Y(30)	5

<i>İstek Noktaları</i>	<i>Ağırlık Değerleri (wi)</i>
Y(31)	6
Y(32)	4
Y(33)	5
Y(34)	8
Y(35)	4
Y(36)	3
Y(37)	4
Y(38)	4
Y(39)	3
Y(40)	4
Y(41)	3
Y(42)	6
Y(43)	6
Y(44)	6
Y(45)	5
Y(46)	4
Y(47)	8
Y(48)	7
Y(49)	7
Y(50)	4
Y(51)	6
Y(52)	5

EK-Ç

Tablo-3 Değişen Hava Şartları ve Koşullara Göre Hizmet Verememe Olasılık Değerleri			
İHA TİPLERİ	Yağmur Yağışı Yok	Yağmur Yağışı Var	Sağanak Yağmur Yağışı Var
	Hafif Sis Var	Sis Var	Sis Var
	Görüş Açık	Görüş Kısıtlı	Görüş Az
	Rüzgar 0-15 knot	Rüzgar 15-25 knot	Rüzgar 25-35 knot
A Bayraktar (20 km)	0,15	0,5	0,8
B Dönerkanat (15 km)	0,1	0,4	0,7
A Bayraktar (40 km)	0,15	0,5	0,8
B Dönerkanat (30 km)	0,1	0,4	0,7

Tablo-4 Maksimum Kaplama Senaryo Sonuç Çözümleri

İHA TİPLERİ	KAPLAMA MESAFESİ (KM)	İHA SAYISI	SEÇİLEN KONTALAR	KAPLAMA ORANI %	AMAÇ FONKSİYON DEĞERİ
DÖNERKANAT	15	7	2,11,19,29,35,43,50	100	264
BAYRAKTAR	20	5	6,11,15,36,48		263
DÖNERKANAT	30	4	2,13,28,45		216
BAYRAKTAR	40	3	1,16,44		271
BAYRAKTAR DÖNERKANAT DÖNERKANAT	20	2	3,51	100	271
	15	1	23		
	30	2	10,39		
BAYRAKTAR DÖNERKANAT DÖNERKANAT	20	1	16	100	249
	15	2	3,50		
	30	1	39		

EK-Ç

Tablo-5 Maksimum Beklenen Kaplama Senaryo Sonuç Çözümleri									
İHA TİPLERİ	İHA SAYISI	P DEĞERİ	BEKLENEN KAPLAMA DEĞERİ	İHA SAYISI	P DEĞERİ	BEKLENEN KAPLAMA DEĞERİ	İHA SAYISI	P DEĞERİ	BEKLENEN KAPLAMA DEĞERİ
A Bayraktar.(20 km)	8	0,15	261.27	14	0,5	235.31	22	0,8	183.53
B Dönerkanat.(15 km)	7	0,1	243.63	6	0,4	165.48	10	0,7	132.00
A Bayraktar.(40 km)	3	0,15	241.37	6	0,5	224	12	0,8	190.62
B Dönerkanat.(30 km)	4	0,1	249.75	5	0,4	210	10	0,7	191.40



Ömer Faruk KURBAN - ofkurban@yahoo.com

PhD. Ö.Faruk KURBAN was born in Ankara in 1975. He graduated from Turkish Military Academy as System Engineer in 1997. He received his M.A (2000) and Ph.D. (2014) degrees from Department of Operation Research in Faculty of Economics from Marmara University. His research interests are integer programming, unmanned aerial vehicles, border security, set covering problems, ISR (intelligence, surveillance and reconnaissance). He is still working in Ministry of National Defence.



Tuncay CAN - tuncay.can@marmara.edu.tr

Professor Tuncay CAN received his undergraduate degree in Mathematics from Faculty of Science at Istanbul University in 1989. He received his M.A and Ph.D. degrees in Faculty of Economics and Administrative Sciences from Marmara University. He is currently a faculty member in the Faculty of Economics at Marmara University. He teaches courses on stochastic processes, linear and nonlinear programming, operation research, mathematics and game theory.

