

KÜME ÖRTÜLEME MODELİ KULLANILARAK OPTİMUM YANGIN GÖZETLEME NOKTALARININ BELİRLENMESİ

Mehmet KORKMAZ

SDÜ Orman Fakültesi, Orman Ekonomisi Anabilim Dalı, 32260 ISPARTA
mkorkmaz@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Küme örtüleme problemleri 0-1 tam sayılı programlama modelinin özel bir hâlidir. Bu problemler, gerçek dünya problemleri olarak oldukça fazla uygulama alanı bulmaktadır. Bu çalışmada, küme örtüleme yaklaşımı ile yangın gözetleme noktalarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Öncelikle, 1/100.000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak alternatif gözetleme noktaları ve bu noktalardan gözetlenebilen alanlar belirlenmiştir. Daha sonra bu noktalara yangın gözetleme kulesi yapım maliyetleri hesaplanarak 0-1 tam sayılı programlama modeli kurulmuştur. Bu modelin çözümü gerçekleştirilerek coğrafi ve ekonomik açıdan optimum gözetleme noktaları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Küme örtüleme, 0-1 tam sayılı programlama, Yangın gözetleme noktaları, Yapım maliyetleri azaltılması

DETERMINATION OF OPTIMUM FIRE OBSERVATION POINTS USING SET COVERING MODEL

ABSTRACT

Set covering problems is a special form of 0-1 integer programming model. Since these problems represent many of the real world problems, they are widely used many application areas. In this study, locating of fire observation points is aimed using set covering approach. First, alternative observations points and observed areas from these points were determined by using 1/100.000 scale topographic maps. Then 0-1 integer programming model was built accounting the cost of construction of fire observation points. Optimum locations of fire observation points were determined from geographical and economical viewpoint by solving the model.

Keywords: Set covering, 0-1 integer programming, Fire observation points, Minimization of construction cost

1. GİRİŞ

Gerçek hayatta, bir şehirde itfaiye araçlarının bekleme merkezlerinin seçimi, bir bölgede televizyon yansıtıcılarının yerleşimi, bir bölgeyi kontrol altında tutmak için askeri birliklerin yerleşimi, belli bir alanda yaşayan insanlara bilgiler vermek için hoparlörlerin yerleşimi vb. sorunların küme örtüleme problemi olarak ele alınıp çözümleri yapılabilmektedir (Güngör ve Eroğlu, 1997).

Küme örtüleme, tüm kısıtların (\geq) eşitsizliği, tüm sağ taraf değerlerinin 1 ve kat sayı matrisinin 0-1 matrisi olduğu 0-1 tam sayılı programlama modelidir (Murty, 1983; Williams, 1993).

Bu çalışmada orman yangınlarının gözetlenmesi için yapılan gözetleme kulelerinin yerlerinin belirlenmesi konusu, küme örtüleme problemi olarak ele alınarak çözümlenmeler yapılmıştır.

Yangın, ormanlarımızın varlığını ve devamlılığını tehdit eden faktörlerin başında gelmektedir. Türkiye’de her yıl binlerce hektar orman alanı yanmaktadır. Bu nedenle yangın yerinin kısa sürede belirlenmesi ve ilk müdahalenin zamanında yapılması, yangın zararının azalması ve kısa sürede kontrol altına alınması açısından önem taşımaktadır (Anonim, 1983).

Türkiye’de orman yangınlarının gözetlenmesinde halen en geçerli araç, yangın gözetleme kule ve kulübeleridir (Oğurlu, 1990). Bu kule ve kulübelerin yerlerinin belirlenmesinde amaç, kuleden gözetlenmesi gereken yerlerinin görülebilmesidir.

Oğurlu (1990) yangın kulelerinin en az iki noktadan görülebilme esasına göre planlamasını yapmıştır.

Yücel, Fethiye yöresi ormanlarında yangınların gözetlenmesinde mevcut bulunan ve alternatif olarak yapılabilecek gözetleme kulelerinin görülebilme oranlarını belirlemiş ve planlamasını yapmıştır (Yücel, 1987).

Avcı (1992) Köyceğiz Orman İşletmesinde yangın koruma ve savaş önlemleri ile ilgili çalışmasında yine yangın gözetleme kulelerinden görülebilen ve görülemeyen alanları belirlemiştir.

Bu çalışmanın amacı yangın kulelerinin minimum maliyetli yerleşim planının belirlenmesidir. Sorun, küme örtüleme problemi olarak ele alınmış ve 0-1 tam sayılı programlama modeli kurulmuştur.

2. ORMAN YANGINLARININ GÖZETİMİ

Ormanda çıkan bir yangın görülmeden ve yeri saptanmadan hiçbir söndürme faaliyeti yapılamaz. Bu nedenle yangı yerinin saptanması,

KÜME ÖRTÜLEME MODELİ KULLANILARAK OPTİMUM YANGIN GÖZETLEME NOKTALARININ BELİRLENMESİ

yangın söndürme işlerinin ilk basamağını oluşturur. Bu amaç için, yangın mevsiminde ormanların düzenli bir şekilde kontrol altında bulundurulması gerekir (Çanakçıoğlu, 1993).

Bir yangını mümkün olan en kısa sürede görmek ve yerini saptamak amacıyla aşağıdaki yöntem ve kaynaklardan yararlanır;

- Sabit gözetleme noktaları olan yangın kule ve kulübeleri,
- Havadan Gözetleme,
- Gezici gözeticiler,
- Yerel halkın ve diğer kaynakların yardımları.

Yangın gözetiminde yararlanan ve yukarıda adı geçen yöntem ve kaynaklardan bugün Türkiye’de geniş bir şekilde kullanılabilecek sabit gözetleme noktaları olan yangın gözetleme kuleleridir.

Kule ve kulübelerin yerleri saptanırken ormanın hemen her noktasının en az iki kule veya kulübeden görülebilmesine çalışılır. Ancak bu durum düz alanlarda kolay olmakla birlikte, fazla engebeli yerlerde oldukça güçlükler yaratır. Bu nedenle fazla engebeli yerlerde alanın bir noktadan görülmesine çaba harcanır. Böylece tüm alanın hiç olmazsa kule ve kulübelerden tamamen görülmesi sağlanmış olur. Ülke ormanlarının yayılış gösterdiği alanların ortak özelliği arazinin fazla engebeli olmasıdır. Bu nedenle çalışmada, gözetlenecek alanların en az bir kule tarafından görülmesi esası benimsenmiştir.

2.1. Sabit Gözetleme Noktalarının Planlanması

Çıkan yangının en kısa sürede saptanmasında kullanılacak kule ve kulübelerin ana sorunu, bunların hangi noktalara inşa edileceğinin belirlenmesidir.

Pratikte düz orman alanlarında alanın % 100’ünün, engebeli yerlerde ise % 70’inin gözetleme noktalarından görülmesi esas alınmalıdır. Fakat fazla engebeli alanlarda bu oran % 20-40’a kadar düşebilir. Bu durumda gözetleme noktalarının özellikle Milli Park gibi değerli orman alanlarını iyi bir şekilde görmesine çaba sarf edilir (Çanakçıoğlu, 1993).

Ormanda mevcut bir noktadan görülebilen veya görülemeyen alanların saptanmasında çeşitli yöntemler kullanılır. Fakat bugün genellikle eş yükselti eğrili haritalardan profil çıkarma (kesit alma) yöntemi uygulanmaktadır. Bununla birlikte arazi uygulaması yapılması bu yöntemin duyarlılık derecesini arttırmaktadır (Yücel, 1987).

2.2. Türkiye’de Yapılan Uygulamalar

Türkiye ormanlarının yangın kule ve kulübe yerlerini yeniden planlamak üzere, 1983 yılında yangın bakımından en tehlikeli Orman Bölge Müdürlüklerinden başlamak üzere kademeli bir uygulama başlatılmıştır. Bu kapsamda 27 Orman Bölge Müdürlüğü için planlama çalışmaları yapılmıştır. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda kule yerlerinin yanlış seçildiği düşünülen kulelerin yerleri değiştirilmiştir (Çanakçıoğlu, 1993). Örnek olarak, 2001 yılında Isparta Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan Avdan yangın gözetleme kulesinin yeri, daha iyi bir görüş olanağı sağladığı düşüncesiyle Hisar Tepe olarak değiştirilmiştir.

3. ARAŞTIRMA ALANININ TANITIMI

Araştırma alanı olarak Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Isparta Orman İşletme Müdürlüğü seçilmiştir. İşletme Müdürlüğü, 1967 yılında kurulmuş olup, bünyesinde Isparta ili Merkez, Keçiborlu, Senirkent, Dinar ve Dazkırı Orman İşletme Şeflikleri bulunmaktadır.

İşletme Müdürlüğünün, işletme şeflikleri itibariyle orman durumu Çizelge 1’de gösterilmiştir (Anonim, 2000).

Çizelge 1. Isparta Orman İşletme Müdürlüğü’nün orman durumu.

İşletme Şefliği	ORMAN (ha)					Açıklık	Genel Saha (ha)
	Koru		Baltalık		Toplam		
	Normal	Bozuk	Normal	Bozuk			
Isparta	17853	6202	-	15770	39825	67513	107338
Dazkırı	5821	4344	-	657	10822	21092	31914
Dinar	7505	10341	-	8739	26585	159604	186189
Keçiborlu	9278	7658	-	7264	24200	27153	51353
Senirkent	5439	2467	-	7098	15004	55185	70189
İşl. Top.	45896	31012	-	39528	116436	330547	446983
%	39,5	26,6	-	33,9	26	74	100

Kaynak: Isparta Orman İşletme Müd. Yangın Söndürme Planı (2000-2004), 2000, Isparta

İşletme Müdürlüğü’nün 1993-1999 yılları arasındaki orman yangınları durumu Çizelge 2’de gösterilmiştir (Anonim, 2000).

İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde çıkan yangınların nedenleri incelendiğinde dikkatsizlik ve ihmâl ilk sırada yer almakta, bunu, nedeni bilinmeyen, kasıt ve yıldırım nedenleri izlemektedir (Anonim, 2000).

KÜME ÖRTÜLEME MODELİ KULLANILARAK OPTİMUM YANGIN GÖZETLEME
NOKTALARININ BELİRLENMESİ

Çizelge 2. Orman yangınları durumu.

YILLAR	YANGIN		Bir Yangında Yanan Alan (ha)
	Adet	Yanan Alan (ha)	
1993	6	34	5,66
1994	8	62	7,75
1995	8	28	3,5
1996	8	30	3,75
1997	6	4	0,66
1998	5	3	0,6
1999	3	4	1,33
İşl. Top.	44	165	23,25

Kaynak: Isparta Orman İşletme Müd. Yangın Söndürme Planı (2000-2004), 2000, Isparta

İşletme Müdürlüğüne bağlı beş işletme şefliğinin sınırları içerisinde bulunan yangın gözetleme kuleleri şunlardır;

- Isparta (Merkez) İşletme Şefliği; Kayı Sivrisi ve İncebel Yangın Gözetleme Kuleleri
- Dinar İşletme Şefliği; Yoğundede Yangın Gözetleme Kulesi
- Dazkırı İşletme Şefliği; Hisarteppe Yangın Gözetleme Kulesi
- Keçiborlu İşletme Şefliği; Poyralı Yangın Gözetleme Kulesi
- Senirkent İşletme Şefliği; yangın gözetleme kulesi bulunmamaktadır.

4. MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma materyali olarak konu ile ilgili daha önceden yapılmış çalışmalar, araştırma alanına ait arazi çalışmaları ve 1/100.000 ölçekli Afyon L-24, Afyon L-25, Isparta M-24, Isparta M-25 ve Denizli M-23 pafta nolu topoğrafik haritalardan elde edilen veriler kullanılmıştır.

Bu tür çalışmalarda genellikle 1/25.000 ölçekli paftalardan yararlanılırken, bu çalışmada esas olan yangın kule yerlerinin belirlenmesinin küme örtüleme problemi olarak ele alınıp çözümü üzerinde yoğunlaşıldığı için, 1/100.000 ölçekli paftalardan alternatif kule yerleri ve bu kulelerden görülebilen noktalar belirlenmiştir. Yani profil çıkarma işlemi yapılmamış, esas olarak küme örtüleme yaklaşımı incelenmiştir.

Önce gözetlenmesi gereken orman alanları (w_i) ve bu alanları gözetleyebilen gözetleme noktalarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktaların belirlenmesi için 1/100.000 ölçekli Afyon L-24, Afyon L-25, Isparta M-24, Isparta M-25 ve Denizli M-23 pafta nolu topoğrafik

haritalardan yararlanılmıştır. İlk olarak paftalar üzerine gözetlenecek orman alanları işaretlenmiştir. Daha sonra bu alanların gözetlenebileceği alternatif kule yerleri işaretlenmiştir.

Belirlenen alternatif kulelerin kuruluş maliyetlerinin hesabı şu şekilde yapılmıştır: Isparta Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan gözetleme kulelerinden olan Avdan Gözetleme Kulesinin yeri daha önce de belirtildiği gibi 2001 yılında değiştirilmiştir. Kulenin Hisar Tepe'ye yeniden inşaat maliyetleri incelenmiş ve diğer belirlenen kule yerleri için kuruluş maliyetleri bu kule maliyetinden hareketle hesaplanmıştır. Kule inşaat maliyetleri arasındaki farklılık olarak yükseltile ele alınmıştır. Bunun nedeni, inşaat giderleri içerisinde yer alan nakliye maliyetlerinin farklılık göstereceği düşüncesidir.

Araştırmada küme örtüleme yaklaşımı kullanılmıştır. Küme örtüleme problemi literatürde genellikle örtüleme problemi "covering problem", "le probleme de recouvrement" kısa ismiyle yer almaktadır. Küme örtüleme problemi aşağıda gösterildiği gibi formüle edilmektedir:

$$\text{Min } Z=c.x \quad (1.1)$$

$$\text{Kısıtlar: } A.x \geq e \quad (1.2)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad (1.3)$$

Burada $m \times n$ boyutunda olan $A = (a_{ij})$ matrisi 0 ve 1 değerlerinden oluşan bir matristir. i 'inci eleman j 'inci altküme içinde yer alıyorsa $a_{ij}=1$, diğer durumlarda $a_{ij}= 0$ değerini alır. e , $m \times 1$ boyutunda ve bütün elemanları 1 olan bir vektördür. c , $1 \times n$ boyutunda olup pozitif katsayılardan oluşan bir vektördür. Bu katsayılar, küme örtüleme probleminin uygulanacağı ana küme içinden önceden belirlenen olası bütün alt kümelerin (n tane) oluşum maliyetleridir.

x_i, x_j değişkenlerinden oluşan $n \times 1$ boyutunda bir vektördür. J 'inci alt küme optimum çözüm içinde yer alacak alt kümelerden biri ise $x_j= 1$, diğer durumlarda $x_j= 0$ değerini alır.

Bu 0-1 tamsayılı modelin kurulabilmesi için aşağıdaki adımlar izlenir (Güngör ve Eroğlu, 1997):

i. Küme örtüleme probleminin uygulanacağı S ana kümesinin bütün elemanları (m tane) belirlenir ve numaralandırılır.

ii. Ele alınan sorunun yapısına göre, optimum çözümde yer alma olasılığı olan bütün M_j altkümeleri (n tane) eleman numaralarıyla belirlenir. Böylelikle bir alt kümeler seti $F = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ oluşturulur.

KÜME ÖRTÜLEME MODELİ KULLANILARAK OPTİMUM YANGIN GÖZETLEME
NOKTALARININ BELİRLENMESİ

iii. m tane satır, n tane sütundan oluşan ve $m \times n$ tane hücresi olan küme örtüleme tablosu oluşturulur. M_j alt kümesinde i 'inci eleman yer alıyorsa, tablonun i 'inci satır j 'inci sütunda bulunan gözün değeri 1 yani $a_{ij} = 1$, diğer durumlarda $a_{ij} = 0$ değeri yazılır. Bu tablodaki katsayılar (1.3) eşitsizliğinde yer alan A matrisini oluşturur.

iv. M_j alt kümelerinin oluşum maliyetleri (j 'inci kulanın kuruluş maliyeti) hesaplanır. Bu maliyet katsayılarından oluşan $1 \times n$ boyutundaki vektör (1.1) amaç fonksiyonunun katsayılarını oluşturur.

v. Uygun bir çözümde her bir elemanın en az bir alt kümede yer alması zorunluluğu olduğu için (1.2) eşitsizliklerinin hepsinin de sağ tarafına 1 yazılır. Bu şekilde elde edilen ve bütün elemanları 1 olan $m \times 1$ boyutundaki vektör modeldeki e vektörünü oluşturur.

Küme örtüleme probleminin herhangi bir uygun çözümyle F 'nin bir alt kümesi elde edilir ki bu alt kümede yer alan M_j alt kümelerinin bileşimleri S ana kümesini vermek zorundadır.

Literatürde genellikle ikisi bir arada ele alınan küme bölme problemi ve küme örtüleme problemini birbirinden ayıran en önemli özellik; küme bölme probleminde kısıtlar ($A \cdot x = e$) şeklinde iken (Güngör, 1994), küme örtüleme probleminde kısıtlar ($A \cdot x \geq e$) şeklindedir. Bu farklı kısıtlayıcı denklemlerden dolayı, küme bölme probleminin herhangi bir uygun çözümünde yer alan M_j alt kümelerinin bileşimleri S ana kümesini ve kesişimleri ise boş kümeyi vermek zorunda olmalarına karşın, küme örtüleme probleminde sadece bileşimleri S ana kümesini vermesi zorunluluğu vardır. Bu durum, küme örtüleme probleminin optimum çözümünün bulunmasını, küme bölme probleminin optimum çözümünün bulunması işlemlerine göre çok daha kolay hale gelmesine yol açmaktadır.

Küme Örtüleme Probleminin çözümü için literatürde çeşitli algoritmalar vardır. Ancak bu problem;

$$\text{Min } Z = c \cdot x$$

$$A \cdot x \geq e$$

$$x_j = 0 \text{ veya } 1$$

şeklinde 0-1 Tamsayı doğrusal programlama olarak ele alınıp çözülür ve küme örtüleme problemindeki $x_j \in \{0,1\}$ kısıtına uygun olan optimum çözüm elde edilir. Bu çalışmada da düzenlenen model 0-1 tamsayı programlama modeli olarak ele alınmış ve oluşturulan modelin çözümü için WinQSB paket programı (Linear ve Integer Programming) kullanılmıştır.

5. BULGULAR

5.1. Küme Örtüleme Modelinin Düzenlenmesi

Modelin düzenlenmesinde ilk aşama olarak Hisar Tepe Yangın Gözetleme Kulesinin toplam kuruluş maliyeti ve buna bağlı olarak diğer alternatif kulelerin kuruluş maliyetleri belirlenmiştir. Bunu için toplam maliyet içerisindeki nakliye maliyetleri belirlenmiş ve bu değerler Çizelge 3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Hisar Tepe yangın gözetleme kulesi nakliye maliyetleri (2001 Fiyatları ile).

Nakledilecek Malzeme	Tutar (TL)	Toplam Kule Maliyeti (TL)
Kum-Çakıl Nakliye	638.405.000	9.937.488.000
Çimento Nakliye	78.146.000	
Taş Nakli	265.568.000	
Tuğla Nakli	12.717.000	
Mozaik Nakli	57.840.000	
Toplam	1.052.676.000	

Hisar Tepe gözetleme kulesinin bulunduğu Hisar Tepe’nin yüksekliği (1506 m) dikkate alınarak diğer kulelerin kuruluş maliyetleri hesaplanarak Çizelge 4’de gösterilmiştir. Hesaplama da yükselti ile kuruluş maliyetleri arasındaki doğru orantıdan yararlanılmıştır.

Çizelge 4. Kulelerin kuruluş maliyetleri.

Alternatif Kule Yeri	Yükselti (m)	Nakliye Maliyeti (000 TL)	Toplam Maliyet (000 TL)
Tekne Çukuru Tepe	1689	1.180.591	10.065.403
Kömürlük Tepe	1983	1.386.093	10.270.905
Akdağ	1894	1.323.883	10.208.695
Sivri Tepe	1689	1.180.590	10.065.402
Yel tepe	1656	1.117.524	10.002.336
Zuğluca Tepe	1405	982.078	9.866.890
Göktepe	1783	1.246.295	10.131.107
Hisar Tepe	1506	1.052.676	9.937.488
Kayı Tepe	1650	1.153.330	10.038.142
Kesmeli Tepe	1114	778.672	9.663.484
Kediyatağı Tepe	1587	1.109.294	9.994.106
Karlık Kayası Tepe	1708	1.193.872	10.078.684
Kışla Tepesi	1573	1.099.508	9.984.320
Dikmen Tepe	1520	1.062.461	9.947.273

Böylece alternatif gözetleme noktalarına kule yapım maliyetleri ve bu noktalardan görülmesi mümkün olan w_i alanları Çizelge 5’de görülmektedir.

KÜME ÖRTÜLEME MODELİ KULLANILARAK OPTİMUM YANGIN GÖZETLEME
NOKTALARININ BELİRLENMESİ

Çizelge 5. Kurulması olası olan yangın gözetleme kulelerinin kuruluş maliyetleri ve bu noktalardan gözetlenebilen alanlar.

Alternatif Gözetleme Noktaları (S _j)	Kule Yapım Maliyetleri (C _j) (000 TL)	S _j Noktasından Gözetlenebilen Alanlar (w _i)
S ₁ (Tekne Çukuru Tepe)	10.065.402	1,2
S ₂ (Kömürlük Tepe)	10.270.905	1,2
S ₃ (Akdağ)	10.208.695	3, 4, 6
S ₄ (Karlık Kayası Tepe)	10.078.684	2,3
S ₅ (Sivri Tepe)	10.065.402	3, 4, 5, 6
S ₆ (Yel tepe)*	10.002.336	6, 7
S ₇ (Zuğluca Tepe)	9.866.890	7, 8
S ₈ (Göktepe)*	10.131.107	6, 7, 9, 10
S ₉ (Hisar Tepe)*	9.937.488	11
S ₁₀ (Kayı Tepe)*	10.038.142	10, 12
S ₁₁ (Kesmeli Tepe)*	9.663.484	13
S ₁₂ (Kışla Tepe)	9.984.320	13
S ₁₃ (Dikmen Tepe)	9.947.273	14
S ₁₄ (Kediyatağı Tepe)	9.994.106	14

* Bu noktalarda yangın gözetleme kulesi bulunmaktadır.

Buna göre, S_j noktası w_i noktasını görüyorsa i'inci satır j'inci sütunu temsil eden göze 1 değeri, diğer durumda 0 değeri yazılarak Küme Örtüleme Tablosu (Çizelge 6) oluşturulmuştur. Bu tablodaki sayılar (1.2) nolu kısıtların A= (a_{ij}) matrisini oluşturur. C_j sütunundaki sayılar S_j kulelerinin kuruluş maliyetleri olup amaç fonksiyonunun katsayılarını oluşturmaktadır.

Çizelge 6. Küme örtüleme tablosu.

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

S_j kulesi kısıtlara ve amaca uygun bir çözüm planına göre kurulması gereken bir kule ise X_j= 1, değilse X_j= 0 değer alır şeklinde bir

tanımlamaya uygun olarak bu problemin 0-1 doğrusal tamsayılı modeli oluşturulmuştur. Model aşağıda gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 10.065.402X_1+10.270.905X_2+10.208.695X_3+10.078.684X_4 \\ & +10.065.402X_5+10.002.336X_6+9.866.890X_7+10.131.107X_8 \\ & +9.937.488X_9+10.038.142X_{10}+9.663.484X_{11}+9.984.320 X_{12} \\ & +9.947.273X_{13}+9.994.106 X_{14} \end{aligned}$$

Kısıtlar

$$\begin{aligned} X_1 + X_2 & \geq 1 \\ X_1 + X_2 + X_4 & \geq 1 \\ X_3 + X_4 + X_5 & \geq 1 \\ X_3 + X_5 & \geq 1 \\ X_5 & \geq 1 \\ X_3 + X_5 + X_6 + X_8 & \geq 1 \\ X_6 + X_7 + X_8 & \geq 1 \\ X_7 & \geq 1 \\ X_8 & \geq 1 \\ X_8 + X_{10} & \geq 1 \\ X_9 & \geq 1 \\ X_{10} & \geq 1 \\ X_{11} + X_{12} & \geq 1 \\ X_{13} + X_{14} & \geq 1 \end{aligned}$$

$$X_j = 0 \text{ veya } 1$$

5.2. Düzenlenen Modelin Çözümü

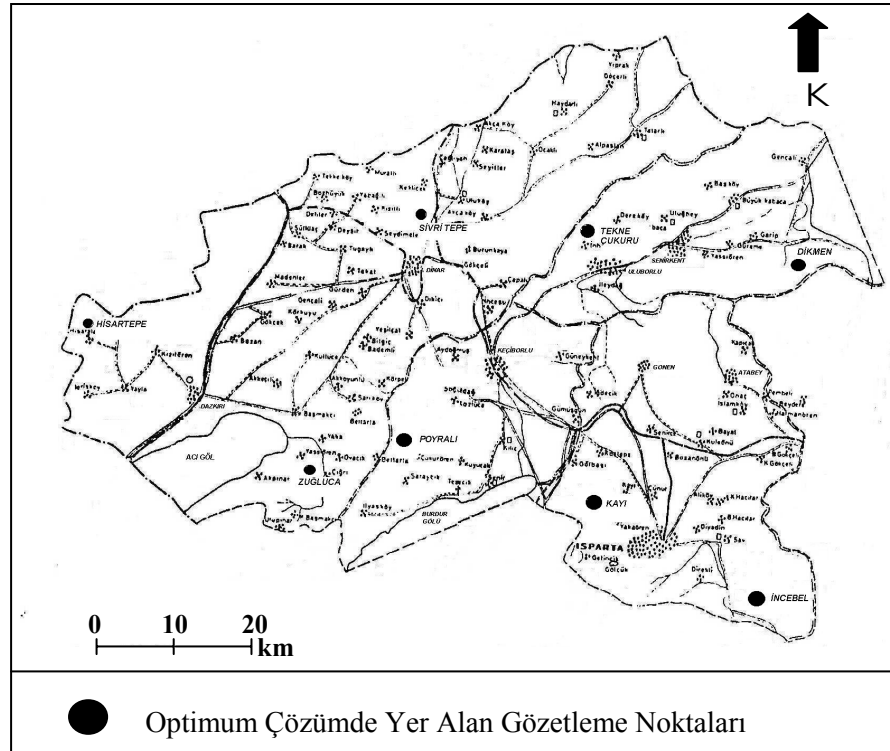
Çözüm sonuçlarına göre, Isparta Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde $S_1, S_5, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}, S_{13}$ noktalarına yangın gözetleme kuleleri kurulmalıdır. İstenilen şartları minimum maliyetle karşılayabilen bu kulelerin yerleştirilmesinin maliyeti, 79.715.190.000 TL'dir. Optimum çözümde yer alan gözetleme noktaları Şekil 1'de bu noktaların gözetlediği (örtülediği) alanlar Çizelge 7'de görülmektedir.

KÜME ÖRTÜLEME MODELİ KULLANILARAK OPTİMUM YANGIN GÖZETLEME NOKTALARININ BELİRLENMESİ

Çizelge 7. Optimum çözüme göre kurulması gereken yangın gözetleme kuleleri ve kulelerden gözetlenebilen alanlar.

Kule	C_j (000 TL)	S_j Kulesinden Gözetlenebilen Alanlar
X_1 (Tekne Çukuru)	10.065.402	1, 2
X_5 (Sivri Tepe)	10.065.402	3, 4, 5, 6
X_7 (Zuğluca)	9.866.890	7, 8
X_8 (Poyralı)	10.131.107	6, 7, 9, 10
X_0 (Hisar Tepe)	9.937.488	11
X_{10} (Kayı)	10.038.142	10, 12
X_{11} (İncebel)	9.663.484	13
X_{13} (Dikmen)	9.947.273	14

Çizelge 7'den görüldüğü üzere kurulacak bu kulelerden gözetlenmesi gerekli olan tüm alanlar görülmektedir. Bu sonuca göre tüm alanların en az bir kule tarafından görülebilmekte şartı sağlanmakla birlikte, aynı zamanda 6, 7, 10 nolu alanlar iki kule tarafından görülebilmektedir.



Şekil 1. Isparta Orman İşletme Müdürlüğü optimum gözetleme noktaları.

6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Küme örtüleme probleminin yapısına uygun olan sorunların 0-1 tam sayılı doğrusal modelinin kolayca kurulabilmesi ve optimum çözümünün kolayca ve kısa sürede bulunabilmesi küme örtüleme probleminin avantajlarıdır. Bu çalışmada yangın gözetleme kulelerinin yerlerinin belirlenmesi küme örtüleme problemi olarak ele alınmış, modeli kurularak optimum kule yerleri belirlenmiştir. Model 0-1 tamsayılı doğrusal model olarak kurularak yapılan çözüm sonuçları:

$$X_1 = X_5 = X_7 = X_8 = X_9 = X_{10} = X_{11} = X_{13} = 1$$

$$X_2 = X_3 = X_4 = X_6 = X_{12} = X_{14} = 0$$

$$\text{Min } Z = 79.715.190.000 \text{ TL olarak bulunmuştur.}$$

Çözüm sonuçları incelendiğinde optimum çözümde yer alan kulelerden S_8 , S_9 , S_{10} ve S_{11} kuleleri daha önceden yapılan ve gözetleme işlevini yerine getiren kulelerdir. Bunun yanında şu an mevcut olan ve S_6 olarak modelde yer alan Yoğundede Yangın Gözetleme Kulesi optimum çözümde yer almamıştır. İşletme Müdürlüğü personeli ile yapılan görüşmelerde, görüş alanının sınırlı olması nedeniyle son zamanlarda bu kulenin yerinin değiştirilmesi gerekliliği konusunda fikir birliği içerisinde oldukları görülmüştür.

Bunun yanında optimum çözümde yer alan S_5 ve S_{13} kulelerinin örtülediği alanlara ilişkin olarak Isparta Orman İşletme Müdürlüğü 2000-2004 Yangın Söndürme Planı'nda iki kulenin yapılması gerektiği tartışılmıştır. Buna göre gözetlenmesi gereken bu alanlara ilişkin yapılacak kulelerin bu noktalarda yer alması uygun olacaktır.

Yanan orman alanın, yerinin daha doğru olarak tespit edilmesi için en az iki noktadan gözlem yapılması gerekmektedir. Ancak gözetleme kulelerinin yapım maliyetleri dikkate alınarak öncelikle bir noktadan gözlem benimsenmektedir.

Özellikle yangına 1. Derecede hassas olan orman alanlarında gözetlenmesi gereken alan ve bu alanları gözetleyebilecek alternatif gözetleme noktaları sayısı artacaktır. Bu durumda hangi noktalara kule yapılması gerektiği sorunu karmaşık bir hal alacağı için klasik yöntemlerle elde edilen bilgilerin matematiksel programlama yöntemleri ile birleştirilmesi bir zorunluluk olmaktadır.

Sonuç olarak, yangın gözetleme kulelerinin yerlerinin belirlenmesi sorunu, küme örtüleme problemi olarak ele alınıp çözümlenebilir. Bu çalışma bir yöntem denemesi olduğu için kapsam dışı bırakılan profil çıkarma işleminin ciddi bir şekilde yapılarak alternatif kule yerlerinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

KÜME ÖRTÜLEME MODELİ KULLANILARAK OPTİMUM YANGIN GÖZETLEME
NOKTALARININ BELİRLENMESİ

KAYNAKLAR

- Anonim, 1983. Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Mücadelesine İlişkin Uygulama Esasları. OGM Tebliği, Tebliğ No: 273, Ankara, 94 s.
- Anonim, 2000. Isparta Orman İşletme Müdürlüğü Yangın Söndürme Planı (2000-2004). Orm., İşl., Müd., Isparta, 52 s.
- Avcı M., 1993. Köyceğiz orman işletmesinde yangın koruma ve savaş önlemleri ile yeterlilikleri. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, 43(3-4): 153-164
- Çanakçıoğlu H., 1993. Orman Koruma. İ.Ü. Yayın No: 3624, Orman Fak. Yayın No: 411: 218-225
- Güngör İ. 1994. Küme bölme modeli ve uygulama alanları. M.Ü, İstatistik ve Ekonometri Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 2: 197-213
- Güngör İ. ve Eroğlu A., 1997. Küme örtüleme problemi ve bir uygulama. SDÜ İİBF Dergisi, 2: 377-386
- Murty, K.G., 1983. Operations Research/ Deterministic Optimization Models. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 307 pp.
- Oğurlu İ., 1990. Dursunbey orman işletme müdürlüğü ormanlarında yangın kulelerinin en az iki kuleden görülebilme esasına göre planlanması. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 14: 78-93
- Williams, H.P., 1993. Model Building in Mathematical Programming. 3rd Ed., John Wiley and Sons Ltd., New York, 212 pp.
- Yücel M., 1987. Fethiye Yöresi Ormanlarında Yangınların Gözetlenmesi ve Yangın Söndürme Ekiplerinin Planlanması. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Teknik Bülten Serisi No: 187, Ankara, 58 s.