

ORMAN KAYNAKLARININ PLANLANMASINDA KONUMSAL YAPININ KONTROLÜ: HONAZ PLANLAMA BİRİMİ ÖRNEĞİ

^{1*}Ali İhsan Kadioğulları, ¹Emin Zeki Başkent, ²Özkan Bingöl, ³Mehmet Ali Sayın
^{1*}Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080
Trabzon, ²Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü,
29100 Gümüşhane, ³Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Amenajman Rehberlik ve Denetim
Başmühendisliği, 61200 Trabzon,

Özet

Orman amenajman planlarının arazide uygulanabilir şekilde düzenlenebilmesi için silvikültürel müdahalelerin şekil, büyüklük ve coğrafi dağılımı gibi konumsal özelliklerin modellenmesi ve planlara yansıtılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında Ekosistem Tabanlı Çok Amaçlı Planlama (ETÇAP) karar destek sistemi /modeline uygun bir konumsal karar destek sistemi/modeli (KKDS) geliştirilmiş ve Denizli-Honaz planlama biriminde test edilmiştir. Geliştirilen KKDS, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile üretilen konumsal veri tabanlarını ve konumsal planlama parametreler ile diğer öznitelik verileri (hasılat tabloları, su üretimi denklemi vs) kullanabilme özelliğine sahiptir. ETÇAP model bünyesinde geliştirilen KKDS'de, yakınlık/komşuluk mesafesi, kesim bloğu alanı (en küçük, hedef), açma alanı ve erteleme süresi gibi meşcerelerin konumsal dağılımını kontrol eden parametreler kullanılmıştır.

Konumsal simülasyon ve tavlama benzetimi teknikleri kullanılarak geliştirilen KKDS, orman ekosistemlerinin uzun vadeli stratejik planlarını bölmecik bazında düzenlemekte ve plan çıktılarını harita, tablo ve grafik olarak kullanıcıya sunmaktadır. Konumsal özelliklerin planlara yansıtılmasıyla; karar vericilere stratejik ve taktiksel düzeyde seçenekler sunulmakta ve konumsal analizler yapılarak en iyi kesim düzeninin oluşturmasına imkan verilmektedir. Çalışma alanında yapılan uygulamada, klasik planlama tekniğinde belirlenen gençleştirme alanı büyüklüklerini dikkate alarak, kombine optimizasyon ve simülasyon tabanlı konumsal planlama teknikleri kullanılarak A işletme sınıfından her bir periyotta aktüel yapı nedeniyle 55 ha alanın, E işletme sınıfında 35 ha ve F işletme sınıfında ise 300 ha alanın gençleştirilmesi öngörülmüştür. Belirlenen konumsal parametreleri dikkate alarak düzenlenen amenajman planlarında arzulan konumsal yapı, klasik simülasyon planlama senaryosundan 150-240 ha arasında fazla alan gençleştirerek %4 oranında daha iyi eta elde etmiştir. Kombine optimizasyon tabanlı tavlama benzetiminin kullanıldığı modelde ise, tamsayılı çözüm modeline oranla toplam eta değerinden %4-22 oranında taviz vermek suretiyle, konumsal yapının kontrol edilebildiği konumsal orman amenajman planları hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Orman Amenajmanı, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Konumsal Simülasyon, Kombine Optimizasyon, Tavlama Benzetimi

CONTROLLING SPATIAL FOREST STRUCTURE IN PLANNING FOREST RESOURCES: A CASE STUDY OF HONAZ

Abstract

The spatial structure of the forests formed by the shape, size and spatial juxtaposition of harvesting activities has to be modeled and integrated into the forest management plans to be readily implementable on the ground. A spatial decision support system integrated into the ecosystem based multiple use forest management model (ETÇAP) was developed and tested in Denizli-Honaz forest management planning unit. The spatial model is able to utilize and/or integrate the geographic information system, spatial database, spatial parameters and other descriptive attributes such as yield tables and water equations. As part of spatial parameters, the model uses adjacency distances, harvest block size, opening size and green-up (adjacency) delay to control the spatial distribution of stands created or developed after harvesting or natural development.

The spatial model uses both spatial simulation and simulated annealing techniques and helps prepare strategic forest management plans on the stand level and produces outputs in the form of maps, tables and graphics. With the inclusion of spatial parameters into the management plans, spatial alternatives are developed to the users at both strategic and tactical planning levels, spatial analyses were conducted and best spatial layout was prepared. Based on the classical forest management plans, a spatial model was developed to generate 55 ha regenerated /harvested area in management unit A, 35 ha in management unit E and 300 ha in management unit F using both combinatorial optimization techniques of simulated annealing and spatial simulation technique. The developed spatial model was able to harvest more areas around 150-240 ha compared to the classical planning scenario, achieving more than 4% annual allowable cut level. The spatial model with the simulated annealing technique was able to control spatial structure of the forest and thus generate spatially implementable forest management plan with the cost of 4%-22% reduction in annual allowable cut level generated by the integer solution of optimization.

Keywords: *Forest management, Geographic Information Systems, Spatial Simulation, Heuristics techniques, Simlated Annealing*

1. Giriş

Ülkemizde hazırlanan Orman amenajman planları planlama tekniği itibarıyla değerlendirildiğinde, basit formüller yaklaşımlarla başlamış olup Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama Teknikleri (UA) gibi bilişim teknolojileri ve yöneylem araştırması ya da karar verme tekniklerinin kullanımı ile günümüzdeki konumuna gelmiştir. Son yıllarda ise, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği, orman ekosistemlerinin bütünlük ve hayatiyetinin devamlılığı ve konumsal özelliklerin amenajman planlarına dahil edilmesi ihtiyacı ya da zorunluluğu, tabu arama, tavlama benzetimi ve genetik algoritma gibi karma

optimizasyon tekniklerini kullanmayı gerektirmiştir. Bu yeni tekniklerin kullanımı ile orman ekosisteminin konumsal yapısı modellenmekte ve uygulamaya dönük amenajman planları düzenlenmektedir.

Herhangi bir müdahale alanındaki (bölme veya bölme bazında) üretim etkinlikleri çoğunlukla komşu üretim birimlerini ve diğer orman alanlarını da etkilemektedir (Kadioğulları, 2009). Örneğin, bir üretim birimi veya meşcerede yapılan tıraşlama kesimi, komşu meşcere (bölme) veya üretim biriminde rüzgar zararı, drenaj problemleri, gövde veya kabuk yaralanmaları ve yetişme ortamının bozulması gibi olumsuzluklara neden olabilmektedir (Snyder ve Revelle 1996; Tarp ve Helles 1997). Benzer şekilde, müdahale (kesim blokları) alanlarının coğrafi büyüklüklerinin artması durumunda başarısız gençleştirme, erozyon tehlikesi, görsel kalitede bozulma ve biyolojik çeşitliliğin kaybolma riskini artırmaktadır. Aksine, üretim alanlarının küçültülmesi bir taraftan gençleştirmede kontrol mekanizmasını güçlendirse de, öte yandan ekonomik işletmeciliği zayıflatmaktadır. Aynı zamanda küçük alanlarda müdahale edilmesi nedeniyle genel olarak orman ekosistemlerinde parçalı ve kırıntılı bir yapı oluşmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, gençleştirme alanlarının küçük yada büyük olması durumundaki olası sorunları ortadan kaldırmak yada en aza indirmek amacıyla üretim alanlarının büyüklüklerinin ve konumsal dağılımlarının kontrol edilmesi gerekmektedir (Kadioğulları, 2009). Uluslararası düzeyde hazırlanan Konumsal Karar Destek Sistemlerinde (KKDS) kesim bloğu büyüklüğü ve erteleme süresinin (Boston ve Bettinger, 2006; Baskent, 1999.b; Baskent vd., 2001), orman yollarının (Murray ve Church, 1996; Nelson ve Brodie, 1990), yaban hayatı koşullarının (Bettinger vd., 2003; Bettinger vd., 1997) ve bazı konumsal yapı indekslerinin (Heinonen vd., 2007) planlara yansıtılmasına çalışılmıştır.

Konumsal parametrelerden öne çıkan komşuluk veya erteleme süresi kavramları, belirli bir periyotta komşu alanlar veya üretim birimlerinin aynı anda üretime alınmasını önlemeyi ifade eder ve birbirlerinden belli bir mesafede olan veya ortak bir sınırı paylaşan üretim birimleri (meşcere, üretim bloğu, açma alanı gibi) olarak tanımlanır. Erteleme süresi ve maksimum müdahale alanı büyüklüğü kısıtlarının yokluğunda, klasik olarak yapılan eşit eta akışı planlama modellerinde kısa periyotlarda birbirine komşu çok büyük alanlarda üretim yapılabilmektedir (Daust/Nelson 1993). Büyük alanlarda üretim yapılması durumun da ise, orman ekosistemlerinin sunmuş olduğu rekreasyon, toprak koruma, biyolojik çeşitlilik ve su kalitesi gibi değerler üzerinde önemli derecede ve özellikle olumsuz etkiler oluşmaktadır. Bununla birlikte, bu komşuluk kısıtları vasıtasıyla, bireysel meşcerelerin planlama alanındaki sürekliliği sağlanarak orman ekosistemlerinin konumsal yapı ve fonksiyonları kontrol altında tutulabilmektedir.

Benzer şekilde, orman parçalarının alanı, şekli ve dağılımı, konumsal planlamada önemli olan diğer özelliklerdendir. Türün dinamik yapısı, potansiyel habitatlar, potansiyel orman ürünleri, besin ve su döngüsü gibi değerlerin çoğu orman parçalarının büyüklüğü, şekli ve dağılımından etkilenmektedir. Örneğin, orman parçalarının geometrik şekilleri odun hammaddesi üretimi kadar yaban hayatı için de önemlidir. Yine, çoğu kuş türlerinin varlığı, kullanılabilir büyük çekirdek alanlara (bir meşcere için çekirdek alan, çevre meşcerelerin kenar etkisinden bağımsız olan doğal yaşlı ormanın iç/çekirdek habitatından oluşan alandır) sahip büyük orman parçalarına bağlıdır (Temple, 1985; Baskent/Jordan, 1995). Bununla birlikte, toplam habitat alanı, habitatların şekli veya nispi düzeni ile habitatlar arasındaki bağlantı, çoğu tür için hayati önem taşımaktadır.

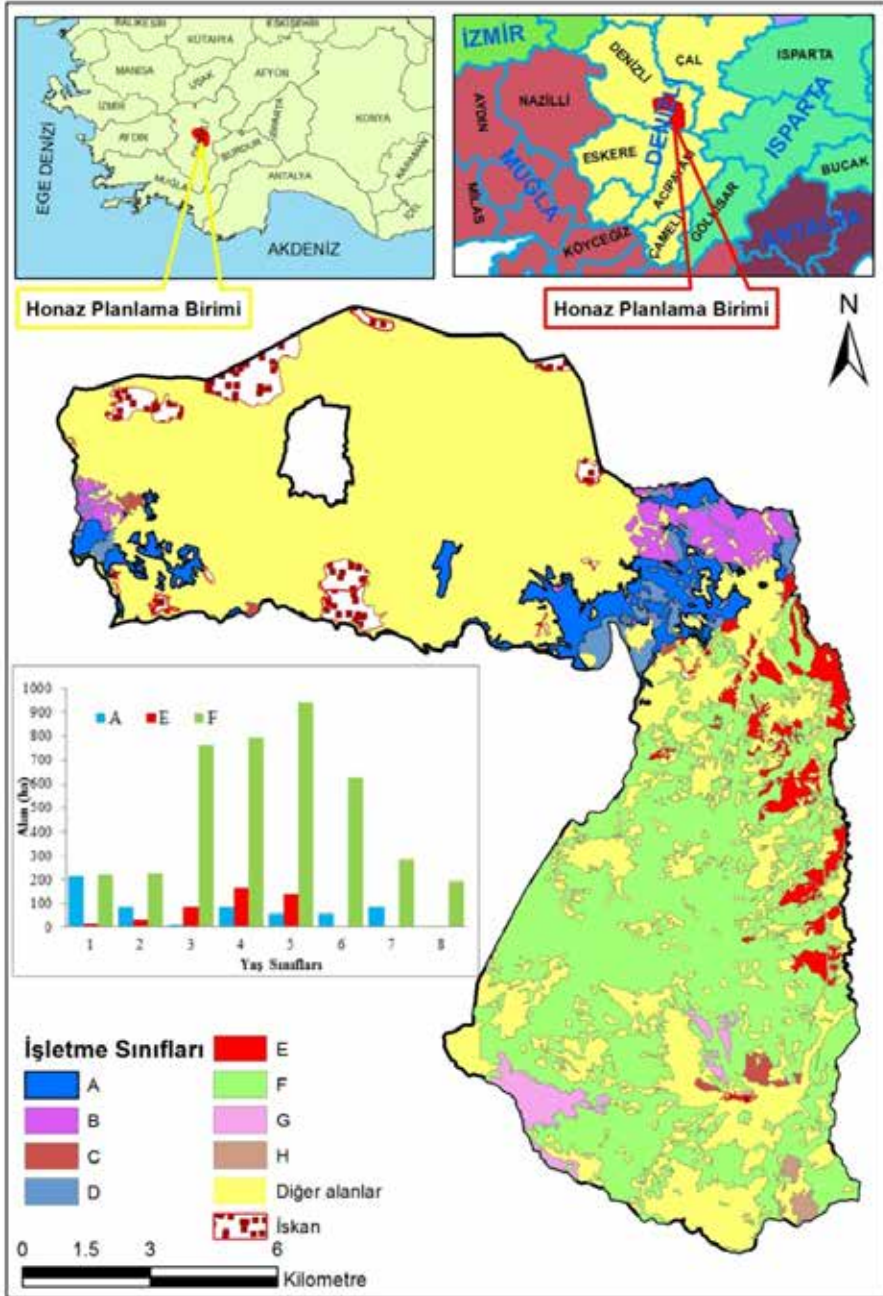
Ülkemizde, gelişmiş ülkelerdeki orman amenajmanı planlaması alanında yaşanan gelişmelerden hareket ederek, gerek akademik çalışmalarla ve gerekse ormancılık teşkilatındaki

çalışmalarla/projelerle bilişim teknolojileri ve yöneylem araştırması tekniklerinin etkin şekilde kullanıma açıldığı görülmektedir (Soykan 1979, Köse 1986, Keleş 2008, Başkent vd 2005). Kadioğulları (2009) tarafından ise, ülkemizde ilk defa konumsal parametrelerin orman amenajman planlarına yansıtılması amacıyla konumsal karar destek sistemi (KKDS) tasarlanmış ve test edilmiştir.

Ormanın dinamik yapısını planlama yörüngesi boyunca tahmin edilmesi, karar verme sürecinde alternatifler oluşturulması, müdahaleler karşısında orman ekosistemlerindeki değişikliklerin izlenmesi, orman ekosistemlerinin sunduğu hizmet ve ürünlerin zamana göre seyrinin takip edilmesi ve dolayısıyla en iyi ve uygun planların yapılmasında farklı modelleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu tekniklerin her birinin diğer tekniklere kıyasla avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Modelleme tekniklerinin kullanılması ile, planlama aşamasında çok sayıda planlama stratejisinin türetilmesi ve bunlar arasından amaca göre en uygun alternatifin seçilmesi en önemli avantajını oluşturmaktadır. Ekosistem tabanlı çok amaçlı planlamada (ETÇAP) simülasyon, optimizasyon, konumsal simülasyon ve kombine optimizasyon modelleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Honaz planlama biriminin de uzun vadeli stratejik orman amenajman planı hazırlanması amacıyla, konumsal simülasyon ve kombine optimizasyon tekniklerine dayalı farklı planlama senaryoları geliştirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

2. Alan Tanıtımı

Çalışma alanı Denizli Orman Bölge Müdürlüğü, Denizli Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Honaz planlama birimidir (Şekil 1). Kızılçam, Karaçam, Sedir, Ardiç ve Fıstıkçamı türlerinin değişik oranlarda oluşturduğu Honaz planlama biriminin alanı 18639,75 ha'dır. Ormanlık alan toplamı 7721,76 ha (%41) ve üretime konu olan A işletme sınıfı genelde genç-orta yaş sınıflarına, E işletme sınıfı orta-yaşlı, F işletme sınıfı ise orta yaşlı yaş sınıflarına dağılmış optimalden uzak bir orman kuruluşu sergilemektedir (Şekil 1). Son hasılat müdahalesine konu olan F işletme sınıfı ormanlık alan itibariyle 3,4 ha ortalama parça büyüklüğü ile 1579 bölmecikten, A işletme sınıfı ise 4,8 ha ortalama parça büyüklüğü ile 179 bölmecikten oluşmaktadır (Tablo 1). Biyoçeşitlilik envanterinin de yapıldığı alanın orman envanteri 2009 yılında KTÜ Orman Fakültesi-OGM işbirliği ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Planlama birimindeki üretime konu olan işletme sınıflarının yaş sınıfları grafiği ve konumsal dağılımı

Tablo 1. İşletme sınıflarının ormanlık alan büyüklükleri ve parça sayıları

	İşletme Amaçları	İdare Süresi (yıl)	Ormanlık Alan		
			Alan (ha)	Parça Sayısı	Ortalama Alan (ha)
A	(Çz) EN YÜKSEK MİK. ENDÜS. ODUN ÜRETİMİ	70	863.3	179	4.8
B	(Çz-Plantasyon) EN YÜKSEK MİK. ENDÜS. ODUN ÜRETİMİ	70	409.9	59	6.9
C	(Çk+Çz) DİĞER (ÖZEL AĞAÇLANDIRMA)	120	87.3	12	7.3
D	(Çz) TOPRAK KORUMA	100	263.7	78	3.4
E	(Çz) KULLANIM SUYU KORUMA	100	490.9	154	3.2
F	(Çk) KULLANIM SUYU KORUMA	160	5297.4	1579	3.4
G	(Çk-Plantasyon) KULLANIM SUYU KORUMA	160	252.2	28	9.0
H	(Çk)REKREASYON	200	57.1	11	5.2
Şeflik toplamı (ormanlık alan)			7721.7	2100	3.7

3. Model tanıtımı

Bu çalışmada Honaz Planlama birimlerinin simülasyon ve kombine optimizasyon tabanlı konumsal orman amenajman planları hazırlanmıştır. ETÇAPKonumsalSimülasyon ve ETÇAPKombine model yazılımları kullanılarak klasik planlama yaklaşımına göre sadece işletmeye açılan işletme sınıfları için belirlenen optimal periyodik alanlar kadar alanın her bir periyotta gençleştirmeye konu edildiği planlama senaryosu OPA planlama senaryosu temel alınarak farklı konumsal planlama senaryoları geliştirilmiştir. Her bir senaryoda farklı açma alanı ve kesim bloğu parametreleri belirlenmiştir. Aynı zamanda Kombine optimizasyon tekniği kullanılarak hazırlanan planlama senaryolarında iki farklı komşuluk parametreleri kullanılarak amaç fonksiyonunda ceza değerlerine farklı ağırlıklar uygulanmıştır. OPA planlama senaryosuna ait genel özellikler Tablo 2’ de verilmiştir. Tablo3 ‘de diğer konumsal özelliklere göre belirlenen planlama senaryoları ve Tablo 4’ te ise kombine optimizasyon tabanlı konumsal planlama tekniğinde uygulanan amaç fonksiyonu ceza ağırlıkları tanımlanmıştır.

Tablo 2. Konumsal planlamaya altlık olan OPA planlama senaryosu tanıtımı

U=120 yıl, n=10 yıl olarak belirlenmiştir. Sadece son hasılat etası verilen işletme sınıfları (A işletme sınıfı 55 ha, E işletme sınıfına 35 ha, F işletme sınıfına 300ha) için hesaplanan OPA miktarı kadar alanın her bir periyotta gençleştirilmesi ön görülmüştür.

Son hasılat etası verilen işletme sınıfları için hesaplanan OPA miktarı kadar alanın her bir periyotta gençleştirilmesi ön görülmüştür.

Gençleştirme ve bakım kuralı olarak “En yaşlı meşcerelerden” başlaması kararlaştırılmıştır.

Eşit alan (OPA’lar kadar) seyir politikası hedefinden en fazla %5 sapma miktarına izin verilmiştir.

ETÇAPKlasik planlama yaklaşımında Son Hasılat etası verilmeyen fonksiyon ve işletme sınıflarına simülasyon modelinde de son hasılat etası öngörülmemiştir.

Tablo 3. Kombine optimizasyon tabanlı planlama tekniğinde uygulanan konumsal parametreler

Senaryolar	Yakınlık Mesafesi (metre)	En küçük Kesim Bloğu (ha)	Hedef Kesim Bloğu (ha)	Komşuluk Mesafesi (metre)	Erteleme süresi (periyot)	Maksimum Açma Alanı (ha)	Başlangıç	
							Cezalı Blok	Cezalı Açma
Klasik Simulasyon	Konumsal kısıt içermemektedir.							
Konumsal_ Sim1	0	2	20	50	0	40		
Konumsal_ Sim2	0	3	25	50	1	60		
Optimizasyon	Konumsal kısıt içermemektedir. Birçok bölmecik parçalanarak birden fazla periyotta gençleştirme müdahalesine tabi tutulmuştur.							
Tamsayılı çözüm	Konumsal kısıt içermemektedir. Parçalı bölmecikler en büyük alanın kesildiği periyot dikkate alınarak tam sayılı çözüme göre birleştirilmiştir.							
Kombine 1	0	2	20	50	0	40	305	63
Kombine 2	0	2	20	50	0	40		
Kombine 3	0	2	20	50	0	40		
Kombine 4	0	3	25	50	1	60	381	57
Kombine 5	0	3	25	50	1	60		
Kombine 6	0	3	25	50	1	60		

Tablo 4. Kombine optimizasyon tabanlı konumsal planlama tekniğinde uygulanan amaç fonksiyonu ceza ağırlıkları

Senaryolar	Toplam Eta oranı	Açma ceza	Blok ceza	Açma sayısı	Blok sayısı	Tavlama Benzetimi Çözümü Kalan Cezalı	
						Blok sayısı	Açma sayısı
Kombine 1	1	2	2	2	2	136	42
Kombine 2	1	5	5	2	2	115	17
Kombine 3	0	5	5	1	1	95	3
Kombine 4	1	2	2	2	2	208	25
Kombine 5	1	5	5	2	2	159	13
Kombine 6	0	5	5	1	1	129	1

3.1. Konumsal Simülasyon Model Yazılımı (ETÇAPKonumsalSimülasyon) ile Faydalanmanın Düzenlenmesi

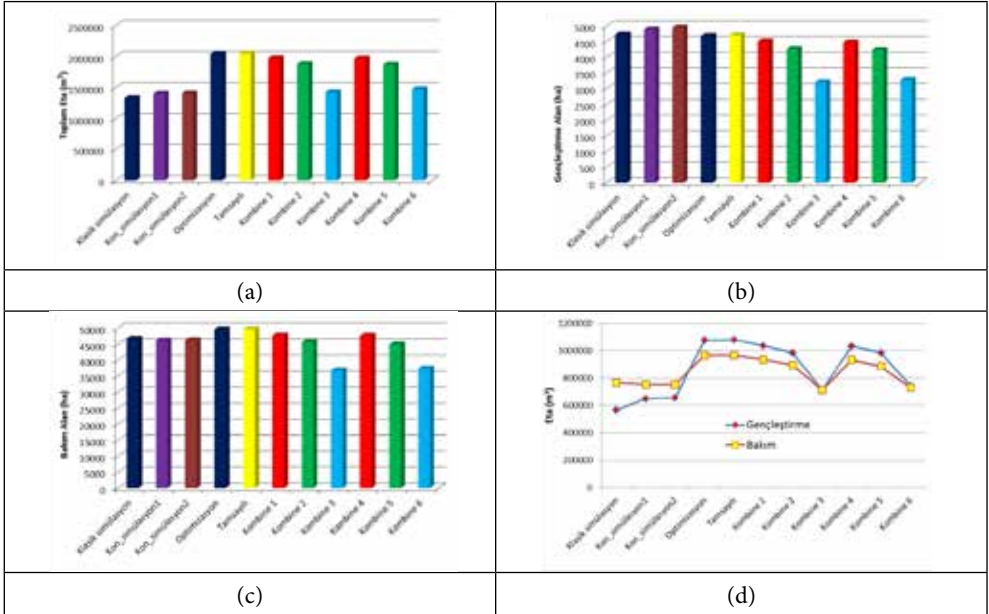
Klasik simülasyon tekniği ile hazırlanan planlama senaryosunda, 120 yıllık planlama yörüngesi boyunca her bir periyotta (10 yıl) ortalama 390 ha alana müdahale edilmiş ve toplamda 4728 ha gençleştirilmiştir. Planlama yörüngesi sonunda 545492 m³ gençleştirme etası, 767017 m³ ise bakım etası ile toplamda 1332510 m³ eta elde edilmiştir. Konumsal simülasyon tekniği ile geliştirilen senaryolarda ise, “Konumsal_Sim1” senaryosunda ise toplamda 4884 ha, “Konumsal_Sim2” senaryosunda ise 4946 ha alan gençleştirilmiştir. Bu iki senaryoda kesim bloğu ve açma alanı kısıtından dolayı daha fazla alan gençleştirilmiş ve toplamda %5 civarında daha fazla eta elde edilmiştir. “Konumsal_Sim1” senaryosunda en küçüğü 2 ha, en büyüğü 20 ha olacak şekilde “0 metre” yakınlık mesafesindeki eksim blokları oluşturulmuş, ve “1 periyot” ertelemeli 50 ha büyüklüğünde açma alanı sınırı aşılmamıştır (Tablo 3). Benzer şekilde “Konumsal_Sim2” senaryosunda, en az “3 ha” büyüklüğünde ve maksimum 25 ha değerini aşmayacak şekilde kesim blokları oluşturulmuş ve 50 metre komşuluk mesafesinde “1 periyot” ertelemeli 60 ha açma alanı büyüklüğü koşuluna uygun şekilde keşim düzeni oluşturulmuştur (Şekil 2, Şekil 3). Klasik simülasyon senaryosunun dikili servet değişim grafiği incelendiğinde tüm planlama senaryoları içerisinde en yüksek değere sahip olduğu görülmektedir.

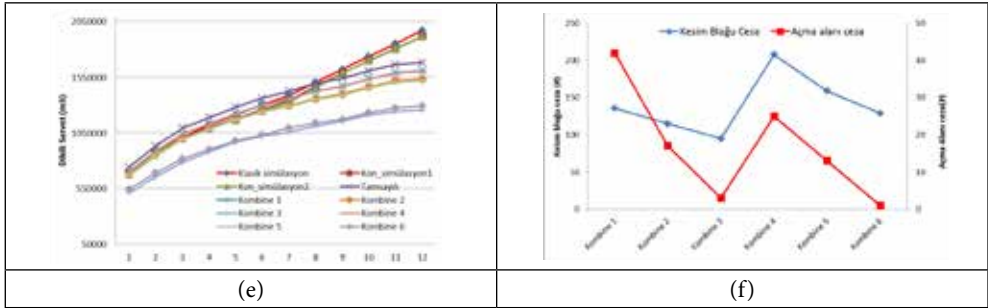
3.2. Kombine Optimizasyon Model Yazılımı (ETÇAPKombine) ile Faydalanmanın Düzenlenmesi

OPA senaryosunu temel alan optimizasyon modeli ile her bir periyotta 390 ha (A işletmesi 55 ha, E işletmesinden 35 ha ve F işletmesinden 300 ha) alanın geliştirilmesi garanti altına alınmıştır. Ancak, optimizasyon modeli sonucundan bazı bölmecikler parçalanarak farklı periyotlarda gençleştirme müdahalesine maruz kalmıştır. Bu nedenle tamsayılı çözüm modülü kullanılarak, parçalı bölmecikler birleştirilmiş ve bölmeciklerin tamamının tek seferde gençleştirileceği, ikinci bir defa gençleştirilmesi durumunda yine parçalanmamasını sağlayan tam sayılı çözüm elde edilmiştir. “Tamsayılı çözüm” senaryosunda 2,047,386 m³ eta

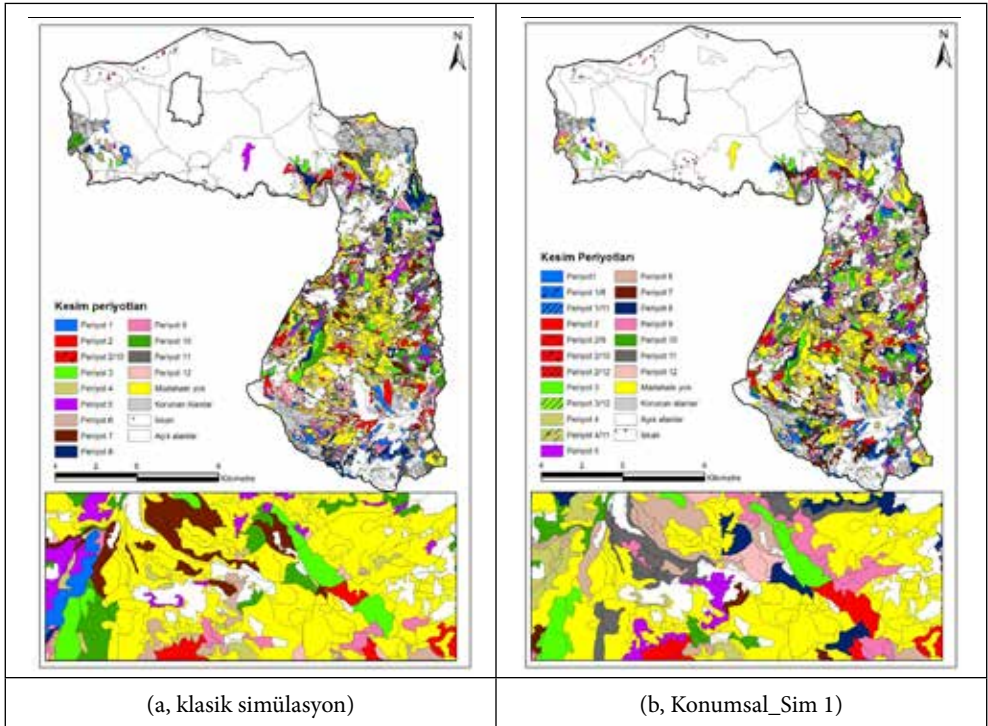
elde edilmiş ve 4701 ha alan gençleştirilmiştir (Şekil 4). Kombine 1 senaryosunda, minimum 2ha, hedef blok alanı 20 ha olacak şekilde, 50 metre komşuluk mesafesinde “0” periyot erteleme süresi içerisinde en fazla 40 ha alanın gençleştirileceği kuralı uygulanmıştır (Şekil 2). Bu konumsal yapıya ulaşmak amacıyla tamsayı çözüm modeli toplam eta oranının “1 katsayısı” önceliğinde, blok ve açma ceza değerlerinin ise “2 katsayı” önceliğinde olduğu bir Tavlama benzetimi çözümü ile çözülmüştür. Belirtilen blok ve açma alanı kurallarına göre başlangıçta 305 adet cezalı blok ve 63 adet cezalı açma alanına sahip olan model tavlama benzetimi ile çözüldüğünde; toplam etadan %4 taviz ile 196 ha daha az alanı gençleştirerek cezalı açma sayısını 136 değerine, cezalı açma alanı sayısını ise 42 değerine düşürmüştür. Kombine 2 senaryosu ise, Kombine 1 senaryosu ile aynı konumsal parametreleri kullanarak farklı ceza ağırlıkları ile toplam etadan sırasıyla %8 oranında taviz vererek 439 ha daha az alanı gençleştirmiş ve cezalı blok sayısını 115 e kadar, açma sayısını ise 17 adete kadar düşürmüştür (Şekil 2 f, Tablo 4).

Benzer şekilde, kombine 3 senaryosu aynı konumsal parametreleri kullanarak farklı ceza ağırlıkları ile toplam etadan sırasıyla %31 oranında taviz vererek 1502 ha daha az alanı gençleştirmiş ve cezalı blok sayısını 95 e kadar, açma sayısını ise 3 adete kadar düşürmüştür. Kombine 4, Kombine 5 ve Kombine 6 senaryoları ise minimum 3ha, hedef blok alanı 25 ha olacak şekilde, 50 metre komşuluk mesafesinde “1” periyot erteleme süresi içerisinde en fazla 60 ha alanın gençleştirileceği kuralı uygulanmıştır (Şekil 4). Bu senaryolarda da farklı ceza ağırlıkları uygulanarak gençleştirme alanı ve toplam eta değerinden %4 ila %22 arasında taviz vermek süratiyle cezalı blok ve açma alanlarını büyük oranda azaltmıştır (Şekil 2 a-d ve f). Meşcere parametrelerinden dikili servetin gidişatı kıyaslandığında ise planlama yörüngesi sonunda en fazla dikili servet “tamsayı çözüm” senaryosunda, en düşük ise “kombine 6” senaryosunda elde edilmiştir.

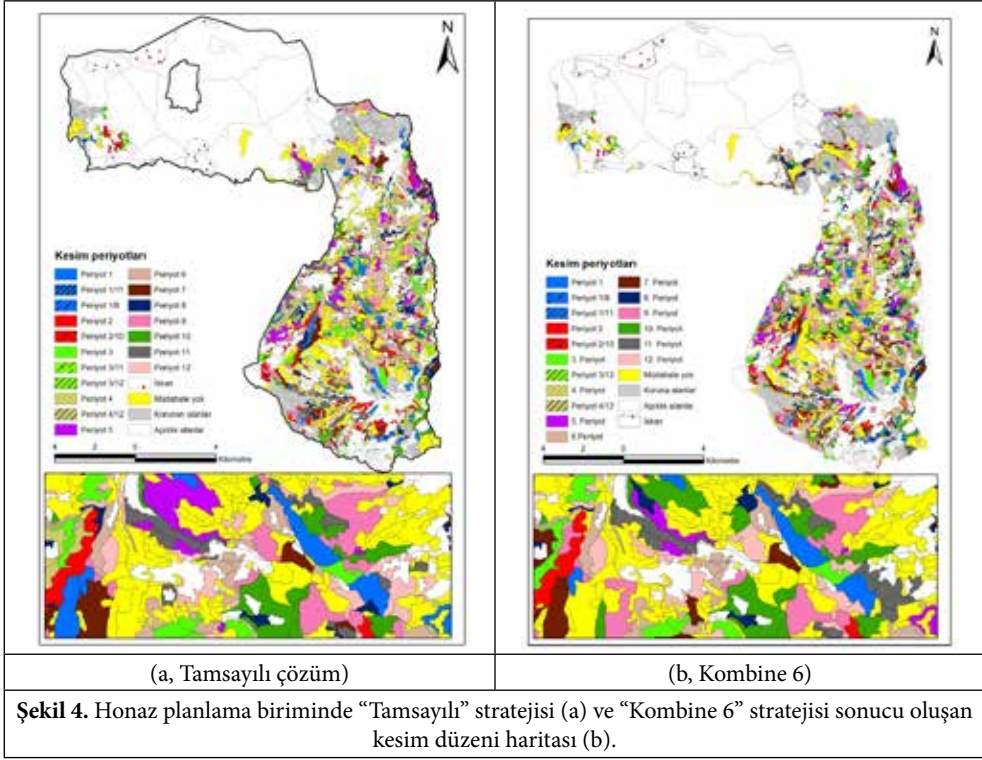




Şekil 2. Honaz planlama biriminde 120 yıllık süre sonunda elde edilen toplam eta (a), Gençleştirme alanı (b), Bakım alanları (c), planlama yörüngesi boyunca alınan eta (d), dikili servet (e) değerlerinin değişimi ve kombine model sonucunda elde edilen cezalı kesim bloğu ile açma alanı sayıları (f).



Şekil 3. Honaz planlama biriminde “Klasik simülasyon” stratejisi (a) ve “Konumsal_sim 1” stratejisi sonucu oluşan kesim düzeni haritası (b).



4. Sonuç

Honaz planlama birimine ait güncel veriler kullanılarak 10 farklı planlama senaryosu geliştirilmiş ve ETÇAP modeli ile plan çıktıları üretilmiştir. Geliştirilen senaryolardan 3 tanesi simülasyon tabanlı, 7 tanesi ise optimizasyon modeli sonucunu kullanan tavlama benzetimi algoritması tabanlı olup toplamda 8 tanesi konumsal düzenlemeyi içermektedir.

Simülasyon tabanlı senaryolarda en fazla eta 1,409,135 m³ değeri ile 4986 ha alanın gençleştirilmesi ve 46145 ha alanın da bakım müdahalesine tabi tutulması ile “Konumsal_Sim2” senaryosu ile elde edilmiştir. En az eta ise 1,332,510 m³ değeri ile 4728 ha alanın gençleştirilmesi ve 46612 ha alanında bakım müdahalesine tabi tutulması ile “Klasik simülasyon” planlama senaryosunda elde edilmiştir. Konumsal özelliklerin dikkate alındığı “Konumsal_Sim1” ve “Konumsal_Sim2” senaryoları simülasyon modeli mantığı gereği belirlenen konumsal parametreleri planlama yörüngesi boyunca yerine getirmiştir.

Optimizasyon modeli sonucu elde edilen tamsayılı çözümü altlık olarak kullanan Tavlama benzetimi algoritmasının uygulandığı 6 adet kombine model senaryolarından en yüksek etayı 1,971,880 m³ eta değeri ile “Kombine 1” senaryosu gerçekleştirmiştir. Ancak, konumsal özellikler dikkate alındığında kombine 1 senaryosununun 136 adet cezalı bloğa ve 42 adet cezalı açma alanına sahip olduğu görülmektedir. Konumsal özellikler bakımından en az cezaya sahip olan kombine 3 senaryosu ise tamsayılı çözüm senaryosuna göre toplam eta değerinden 616,688 m³ daha az eta elde ederek 1502 ha daha az alanı gençleştirmiştir. Her ne

kadar bu senaryo az ceza değerine sahip olsa da toplam eta değerinden büyük oranda sapma göstermiştir.

Tamsayılı çözüm senaryosu ile klasik simülasyon senaryosu karşılaştırıldığında 27 ha gençleştirme alanı daha fazla olmasına rağmen simülasyon senaryosu %65 civarında daha az toplam eta elde edebilmiştir. Bu farkın simülasyon tekniğinin periyotlar arası mübadeleyi dikkate alamamasından ve en iyi sonucu garantileyememesinden kaynaklandığı aşikardır. Diğer önemli bir kıyaslama ise, konumsal özelliklerin tam olarak yerine getirildiği ve 4884 ha alanın geliştirildiği “Konumsal_Sim1” seçeneğinde elde edilen etanın, az miktarda cezalı blok ve açma alanına sahip olan ve 3199 ha alanın geliştirildiği “Kombine 3” senaryosundan daha az olmasıyla göze çarpmaktadır. Simülasyon tabanlı konumsal planlama modelleri yapısı gereği belirtilen kurallara uygun çözüm ardışık olarak devam ettiği sürece ilerlemekte ve konumsal/konumsal olmayan kısıtları yerine getiremediği zaman model çözümü durdurmaktadır. Optimizasyon tabanlı modeller ise genellikle tamsayılı çözümü yada rastgele modelin atadığı bir çözümü temel alması nedeniyle, belirtilen ceza ağırlıkları çerçevesinde en iyiye yakın sonucu elde etmeye çalışmaktadır. Her iki model altlığı kullanılarak geliştirilecek olan konumsal planlama senaryoları plan uygulayıcılarının (işletme) ve yapımcılarının (amenajman baş mühendisleri) vereceği ortak karar ile tespit edilmeli ve en uygun plan seçeneği işletmenin kapasite envanterine göre uygulanmalıdır.

Konumsal planlama modellerinin geliştirilmesi ile farklı konumsal parametrelerin ilerde oluşacak olan orman yapısı üzerine olan olası etkisi rahatlıkla ölçülebilecektir. Bu nedenle, orman alanlarının konumsal dağılımını da dikkate alarak uzun vadeli stratejik planların hazırlanmasını sağlayan Konumsal Karar Destek Sistemlerinin (KKDS) geliştirilmesi ve orman amenajman planlarının bu sistemler ile düzenlenmesi artık kaçınılmazdır.

Kaynaklar

Başkent, E. Z., 1999. *Ekosistem Amenajmanı ve Biyolojik Çeşitlilik, Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 2, 355–363.

Başkent, E. Z., Yolasiğmaz, H.A. ve Mısır, M., 2001. *Orman Ekosistem Amenajmanı*, 1. Ulusal Ormancılık Kongresi, Türkiye Ormancılar Derneği Yayını, No, 1, 60–74.

Başkent E.Z., 2005. *Orman Amenajman Planlarının Ekosistem Tabanlı ve Çok Amaçlı Planlanması (ETÇAP) ve Uygulanmasına Yönelik Eylemler, Türk Ormancılığında, Uluslararası Süreçte Acil Eyleme Dönüştürülmesi gereken Konular, Mevzuat ve Yapılanmaya Yansımaları Sempozyumu, Orman Mühendisleri Odası, Bildiriler CD'si, Antalya.*

Bettinger, P., Johnson, D. L. ve Johnson, K. N., 2003. *Spatial forest Plan Development with Ecological and Economic Goals, Ecological Modelling*, 169, 215-236.

Bettinger, P., Sessions, J. ve Boston, K., 1997. *Using Tabu Search to Schedule Timber Harvests Subject to Spatial Wildlife Goals For Big Game, Ecological Modelling*. 94, 111-123.

Boston, K. ve Bettinger, P., 2006. *An Economic and Landscape Evaluation of The Green-up Rules for California, Oregon, and Washington (USA), Forest Policy and Economics*, 8, 3, 251-266.

Daust, D. K. ve Nelson, J. D., 1993. *Spatial Reduction Factors for Strata-Based Harvest Schedules, Forest Science*, 39, 1, 152-165.

Heinonen, T., Kurttila, M. ve Pukkala, T., 2007. *Possibilities to Aggregate Raster Cells Through Spatial Optimization in Forest Planning, Silva Fennica*, 41, 1, 89-103.

Kadioğulları, A.İ., 2009. *Orman amenajman planlarının hazırlanmasında konumsal yapının kombine optimizasyon teknikleri ile kontrolü: Konumsal planlama. Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.*

Keleş, S., 2008. Orman Amenajman Planlarının Hazırlanmasına Yönelik Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Prototip Modelinin Geliştirilmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 211 s.

Köse, S., 1986. Orman işletmelerinin planlanmasında yöneylem araştırması yöntemlerinden yararlanma olanakları, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 123 s.

Murray, A. T. ve Church, R. L., 1996. Analyzing Cliques for Imposing Adjacency Restrictions in Forest Models, *Forest Science*, 42, 2, 166-175.

Nelson, J. ve Brodie, J. D., 1990. Comparison of A Random Search Algorithm and Mixed İnteger Programming for Solving Area-Based Forest Plans, *Canadian Journal of Forest Research*, 20, 934-942.

Snyder, S. ve ReVelle, C., 1996. The Grid Packing Problem: Selecting A Harvesting Pattern in An Area with Forbidden Regions, *Forest Science*, 42, 1, 27-34.

Soykan, B., 1979. Aynıyaşlı ormanların aktüel kuruluşlarının optimal kuruluşa yaklaştırılmasında yöneylem araştırması metotlarından yararlanma olanaklarının araştırılması. KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 106, Orm. Fak. Yayın No: 5, Trabzon, 252 s.

Tarp, P. ve Helles, F., 1997. Spatial Optimization by Simulated Annealing and Linear Programming, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12, 4, 390-402.