

Konumsal Orman Amenajmanı Planlaması: Temel Kavramlar Ve Modelleme Teknikleri

*Ali İhsan KADIOĞULLARI¹, Sedat KELEŞ², Emin Zeki BAŞKENT¹, Özkan BİNGÖL³

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, 61080 Trabzon

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, 18100 Çankırı

³ Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 29100 Gümüşhane

*Sorumlu Yazar:alikadı@ktu.edu.tr

Geliş Tarihi:04.02.2015

Özet

Ormanların ekosistem tabanlı çok amaçlı planlanması (ETÇAP) yaklaşımına uygun amenajman planlarının hazırlanması aşamasında, konumsal özelliklerin planlara yansıtılması ile farklı konumsal planlama alternatiflerinin geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Konumsal orman amenajman planlaması, karar vericilere bütünlük planlama yaklaşımı çerçevesinde, stratejik ve taktiksel düzeyde seçenekler sunmakta ve konumsal analizler yaparak en iyi kesim düzenini oluşturmasına olanak vermektedir. Bu makalede öncelikle konumsal planlamanın ormancılıktaki önemi ile Türkiye ormancılığı açısından bir değerlendirmesi yapılmıştır. Daha sonra konumsal orman amenajmanı planlaması ile ilgili temel kavramlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Son olarak konumsal orman planlamasında yaygın olarak kullanılan önemli sezgisel karar verme teknikleri (modelleme teknikleri) ile dünya ormancılığında konumsal planlama kapsamında geliştirilmiş ve kullanılmakta olan konumsal karar destek sistemleri tanıtılmıştır. Sonuçta, konumsal orman planlamasının ETÇAP'da yer alması gereken önemli bir planlama tekniği olduğu vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Konumsal orman planlaması, Modelleme, Karar destek sistemi

Spatial Forest Management Planning: Basic Concepts And Modeling Techniques

Abstract

Spatial Decision Support System is indispensable to develop spatial planning alternative by integrating spatial parameters into forest management plans using ecosystem based multiple use forest management planning concept (EBMUFM). Spatial forest planning provides several opportunities to decision makers to generate spatially implementable harvest schedules and perform spatial analyses as part of integrated planning. This paper presents the role and importance of spatial forest planning in forest management, and evaluates it in the context of Turkish forestry. Basic concepts related to spatial forest planning are explained. Some important intuitive decision support techniques (modeling techniques) widely used in spatial forest management planning were introduced. Further, spatial decision support systems for forest management planning developed in various countries were provided. Finally, it is concluded that spatial forest planning is extremely needed in EBMUFM.

Keywords: Spatial forest planning, Modeling, Decision support system

Giriş

Karar verme sanatı olan orman amenajmanı, planlama tekniği itibarıyla kronolojik olarak değerlendirildiğinde, daha önceleri basit formüller yaklaşımlarla başlamış olup daha sonra bilişim teknolojileri (Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama Teknikleri (UA)) ve bilimsel karar verme tekniklerinin (yöneylem araştırması) günümüzde planlamada yoğun olarak kullanıldığı konuma gelmiştir. Başlangıçta, orman amenajman problemlerinin çözümü ve planların yapımı için, ormanın dinamik yapısının modellenmesinde önemli bir yer teşkil eden, bir veya birden fazla amaç içeren simülasyon teknikleri ile optimal çözümler veren matematiksel optimizasyon teknikleri

(doğrusal programlama, amaç programlama ve tamsayı programlama gibi) kullanılmış ve halende kullanılmaya devam etmektedir. Son yıllarda ise, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği, orman ekosistemlerinin bütünlük ve hayatiyetinin devamlılığı ve konumsal özelliklerin amenajman planlarına dahil edilmesi zorunluluğu orman amenajmanında karma optimizasyon tekniklerini kullanmayı gerektirmiştir (Başkent ve ark., 2002).

Ekolojik ve çevresel özellikler hem toplum için hem de bireysel orman sahipleri veya karar vericiler için önemli olduğundan, orman ekosistemlerinin konumsal yapısının gelişim ve değişimini analiz etmek ve konumsal amaçların orman amenajman

planlamasında kesin sınırlarla içermesini sağlayacak araçların geliştirilmesi yönünde son yıllarda artan bir gereksinim ortaya çıkmıştır (Başkent, 2001). Konumsal özelliklerin planlamada dikkate alınmaması durumunda; biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülmesi, sulak alanlardaki sediment miktarının kontrol altına alınması, su miktar ve kalitesinin artırılması ve sürekliliğinin sağlanması, habitat bozulmalarının azaltılması, kimi yaban hayvanları için gerekli olan yaşam alanlarının devamının sağlanması ve görsel kalitenin kaybolmasının önlenmesi gibi çevresel ve ekolojik koşulların sürekliliğini sağlamak mümkün olmamaktadır (Church ve ark., 1998; Kurttila, 2001; Malchow-Moller ve ark., 2004).

Bununla birlikte, konumsal özelliklerin, işletme amaçlarıyla beraber, çok amaçlı orman amenajman planlama modelinde bütünleştirilmesi oldukça güçtür. Konumsal özelliklerin plana aktarılması denildiğinde; modelde, plan üniteleri (kesim-bakım blokları gibi silvikültürel işlem birimleri) büyüklüğü, şekli ve komşuluk ilişkilerinin bütünleştirilerek zamansal boyutta kontrol edilmesi, yani konumsal içerikli üretim düzeninin kurulması anlaşılır. Örneğin, üretim bloklarının maksimum ve minimum büyüklükleri belli sınırlar çerçevesinde tutulabilir, mevcut ve tahmini yol ağına uygun kesim blokları düzenlenebilir veya komşu üretim bloklarının ardışık periyotlarda üretime alınması yahut işlem sürelerinin ertelenmesi etkin şekilde plana aktarılabilir. Su üretimini yahut erozyonu doğrudan etkileyen meşcerelerin bir su toplama havzasındaki nispi konumsal ilişkileri planlamaya aktarılabilir. Tüm bu ve benzer konumsal ayrıntılar giderek çeşitlenen işletme amaçlarının gerekli unsurlarıdır (Başkent ve ark., 2005). Benzer şekilde, doğal yaşlı orman alanlarının parçalanmasının azaltılması, anahtar habitatlar etrafında kesilmeden bırakılan alanların sürekliliği, önemli habitatlar arasında koridor veya geçişlerin oluşturulması, farklı işletme etkinliklerinin ekonomik analizinin gerçekleştirilmesi, orman ekosistemlerinin konumsal yapısındaki gelişim ve değişimlerin izlenmesi gibi ekolojik, ekonomik ve sosyal

amaçların karşılanması için farklı üretim stratejilerinin konumsal olarak değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir (Öhman, 2001). Uluslararası düzeyde hazırlanan Konumsal Karar Destek Sistem (KKDS)'lerin de bazı konumsal parametrelerin; kesim bloğu büyüklüğü ve erteleme süresinin (Boston ve Bettinger, 2006; Baskent, 1999; Baskent ve ark., 2001), orman yollarının (Murray ve Church, 1996; Nelson ve Brodie, 1990), yaban hayatı koşullarının (Bettinger ve ark., 2003; Bettinger ve ark., 1997) ve bazı konumsal yapı indekslerinin (Heinonen ve ark., 2007) planlara yansıtılması yönünde bilimsel çalışmalar yapılmıştır.

Ülkemizde, özellikle son yıllarda, ormancılığı 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. Ülkemizde orman amenajman plan yapım sürecinde yöneylem araştırması tekniklerinin ilk kullanımı Soykan (1979) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, eşit yaşlı ormanlarda idare sürelerinin optimizasyonunda doğrusal programlama yöntemi, optimal kuruluşların belirlenmesinde de simülasyon yöntemi kullanılmıştır.

Yararlanmanın düzenlenmesinde Kademeli Simülasyon Modeli (KASİMOD), Seçimlik Simülasyon Modeli (SESİMOD) ve Grafiksel Simülasyon Modeli (GRASİMOD) adı verilen üç adet simülasyon modeli geliştirilmiştir. Köse (1986) tarafından Trabzon Meryemana Araştırma Ormanında MERAPMO 1 (Meryemana Araştırma Ormanı Planlama Modeli 1) ve MERAPMO 2 (Meryemana Araştırma Ormanı Planlama Modeli 2) olmak üzere iki adet planlama modeli amaç programlama yöntemine göre tasarlanmış ve yazılımı geliştirilmiştir. Gül (1990), Basic programlama dili kullanarak orman amenajman planlarını düzenleyen bir yazılım geliştirmiştir. Mısır (2001), nesne tabanlı bir programlama tekniği ile amaç programlama tekniğini kullanarak çok amaçlı bir orman amenajmanı planlama modeli geliştirmiştir. Torul orman işletmesi

Karanlıkdere planlama biriminde Keleş (2003) tarafından orman ekosistemlerinin su üretim fonksiyonunu, Karahalil (2003) tarafından ise toprak koruma fonksiyonlarını doğrusal programlama tekniği ile amenajman planlarına entegre etmişlerdir. Artvin planlama biriminde Yolasığmaz (2004) tarafından, ETÇAP anlayışı kapsamında doğrusal programlama tekniği kullanılarak uzun vadeli amenajman planlama senaryoları geliştirilmiştir. Sivrikaya (2008), klasik (sezgisel) planlama tekniğini CBS teknolojileri ile entegreli kullanmak suretiyle orman ekosistemlerinin çok amaçlı planlanması için, yürürlükteki orman amenajman yönetmeliğine uygun bir yazılım geliştirmiş ve test etmiştir. Keleş (2008) tarafından, ETÇAP planlama yaklaşımı temel esaslarını dikkate alan, ülkemiz teknik, ekosistemin tüm öğelerini bir bütün olarak kabul eden, Türkiye ormancılık politikası, mevzuat ve sosyo-kültürel koşullarına uygun Karar destek sistemi (KDS) tasarımı ve yazılımı geliştirilmiştir.

Akademik anlamdaki amenajman planı model yazılım denemelerine paralel olarak, küresel bir boyut kazanan sürdürülebilir orman işletmeciliği kavramını yakalayabilmek için, orman teşkilatı da çeşitli ulusal ve uluslararası düzeyde projeler gerçekleştirmiştir. Bunlardan ilki 1972 yılında Akdeniz Orman Kullanım Projesi kapsamında geliştirilen makineli üretime dayalı sistemdir. Bir diğer proje, 1998 yılında OGM ile Finlandiya'nın Enso Forest Development Oy. Ltd.'nin ortak çalışması olan Orman Kaynakları Bilgi Sistemi (FRIS) projesidir. Proje kapsamında FRIS isimli bir yazılım ülkemiz koşullarına göre düzenlenmiştir. Bu program, sadece bilgisayar yazılımı olmaktan öte, geniş bir alana yayılmış bir sistemin kullanıcı ara yüzüdür. FRIS, genelde meşcere simülasyon ağırlıklı bir program olup CBS veri tabanı altlığını kullanmasına rağmen konumsal bir planlama modeli özelliği taşımamaktadır.

Günümüzde orman amenajman planları klasik (sezgisel) yöntem ile yapılmakta, planlayıcı ya da karar vericinin bilgi, beceri ve tecrübesi dahilinde gençleştirme alanlarına karar verilmekte, uzun ve kısa vadeli bir konumsal düzenlemeyi içermemektedir. Her ne kadar doğrusal

programlama, amaç programlama ve simülasyon tekniği kullanılarak yapılmış çalışmalar bulunsa da, bu planlar konumsal düzenlemeler içermediğinden doğrudan uygulamaya aktarılamamakta, konumsal parametre ve parçalılık indekslerini planlamaya yansıtamamaktadır. Diğer bir ifadeyle alanda, yapılacak müdahalelerin konumsal dağılımları ve diğer orman alanlarının buna bağlı olarak zamansal olarak kontrolü yapılmamaktadır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar doğrudan uygulamaya aktarılabilecek nitelikte değildirler. Bunların doğal sonucu olarak;

- Planlamaya bir bütün olarak sistem anlayışı ile yaklaşamamakta ve sıralı (hiyerarşik) planlama sistemi benimsenememektedir,
- CBS destekli alan envanteri ve konumsal düzenleme yeterli düzeyde yapılamamakta, sadece “veri tabanı” olarak kullanılmakta ve CBS gibi çağdaş bilgi sistemlerinden yeterince yararlanılmamaktadır,
- Meşcere bazında bilgilerin UA ve CBS ile etkin bir şekilde planlara/modellere yansıtılamamaktadır,
- Model kullanılarak hazırlanan planlar standart ekonomik yorum ve analizler içermesine rağmen, konumsal parametrelerin ekonomik etkileri planlara yansıtılamamaktadır,
- Uygulanmadaki orman amenajman planları daha çok taktiksel yapıda olup, uzun vadeli stratejik planlar ile orta vadeli taktiksel ve kısa vadeli operasyonel planlar arasında eşgüdüm sağlanamamaktadır,
- Hazırlanan klasik planlarda, gençleştirme alanlarının birbirlerine göre nispi konumsal dağılımı tamamen planlayıcının tecrübesine bağlı olmakta, her hangi bir bilimsel temele dayanmamakta, gençleştirme alanları dışındaki ormanlık ve diğer alanların konumsal dağılımı da dikkate alınmamaktadır,
- Optimizasyon teknikleri kullanılarak en iyi çözüm sonucuna ulaşılsa da aynı bölmeciklerin birden fazla plan periyodunda kesime tabi tutulabileceğinden, bölmecikler

parçalanarak kesirli sonuçlar ortaya çıkacaktır,

- Simülasyon ve optimizasyon tabanlı modellerde, konumsal özelliklerin kullanılmaması nedeniyle çok büyük alanların gençleştirmeye açılacağı gibi, periyodik olarak gençleştirme alanlarının konumsal dağılımı da kontrol edilemeyecektir. Bu nedenle, geleneksel modeller ile konumsal düzenleme yapılması zordur. Bu durumda, tamsayı programlama tekniği kullanılsa bile, karar değişkeni sayısı aşırı derecede artacağından özellikle çok fonksiyonlu ve geniş alanları kapsayan planlama birimlerinde modelin çözümü zorlaşacaktır,
- Planlama yörüngesi boyunca ve sonunda oluşacak olan orman parçalarının alan büyüklüğü yanında, şekli ve coğrafi dağılımı ile birlikte tanımlanabilen her orman parçasının (bölmeçik, doğal yaşlı orman, yaş sınıfı, yaban hayatı yaşam alanı-habitat vb) konumsal özellikleri ve parçalılık indeks değerleri (ortalama parça büyüklüğü, parça sayısı, parça yoğunluğu gibi) planlamada temsil edilmemektedir.
 - Hazırlanan planlar modelleme tekniği kullanılmasına rağmen, ekosistem tabanlı planlamanın gereği olan farklı orman fonksiyon ve yapısının sürdürülebilirliğini dikkate alacak detayda konumsal özellikleri içermemektedir. Örneğin, yangına hassas bir orman ekosisteminde, parçalı bir orman yapısı oluşturmayı ve parça büyüklüğünün belli değerler arasında tutulmasını sağlamayı yada yaban hayatı için koridor oluşturmayı veya önemli bir ekosistemde 100 ha orman alanında en az 10 ha orman içi açıklık yada doğal yaşlı orman oluşturmayı gerekli kılacak bir konumsal düzenleme yapılmamaktadır.

Bu sebeplerden dolayı stratejik düzeyde (konumsal olmayan bazda) ve taktiksel düzeyde (konumsal bazda) planlar arasında entegrasyon sağlayacak ve uygulanabilir en iyi kesim düzenini ortaya koyacak ekosistem tabanlı konumsal orman amenajman modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Buradan hareketle hazırlanan bu makalede, konumsal orman amenajmanı planlaması ile ilgili temel

kavramlar ve konumsal planlamada kullanılan modelleme teknikleri açıklanacaktır.

Konumsal Orman Planlamasında Kullanılan Tanım ve Kavramlar

Yakınlık mesafesi

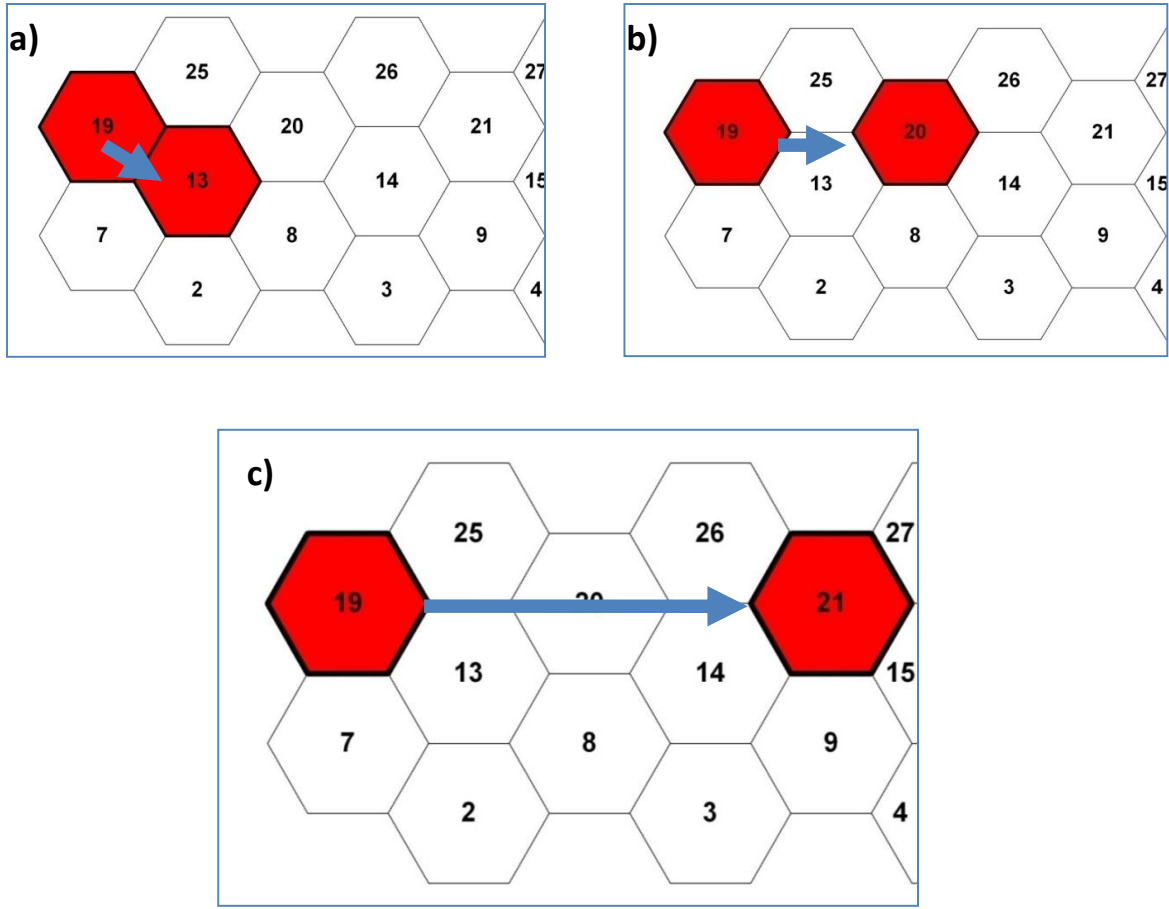
Aynı periyotta gençleştirme müdahalesine tabi tutulacak herhangi bir bölmeçiğin başka bir bölmeçik ile aynı kesim bloğu içerisinde kabul edilebilmesi için aralarında olması gereken kuş uçuşu en kısa mesafeye “yakınlık mesafesi” denilmektedir. Örneğin, Şekil 1’deki kırmızı renkle gösterilen bölmeçikler idare süresini doldurmuş ve her biri “2 ha” büyüklüğe sahip meşcereler olsun. Bu bölmeçiklerin Şekil 1-a da görüldüğü üzere, aralarındaki mesafe “0 metre” olarak görülmektedir. Şekil 1-b ve Şekil 1-c’de ise, belirli bir mesafede iki bölmeçiğin kesim bloğu oluşturabileceği görülmektedir. Bu şekilde, ardışık olarak yakın sayılan bölmeçiklerin diğer bölmeçikler ile olan mesafelerine göre kesim blokları kontrol edilir ve yakın bölmeçik kalmayınca kadar kesim bloğu oluşturmaya devam edilir.

Komşuluk mesafesi

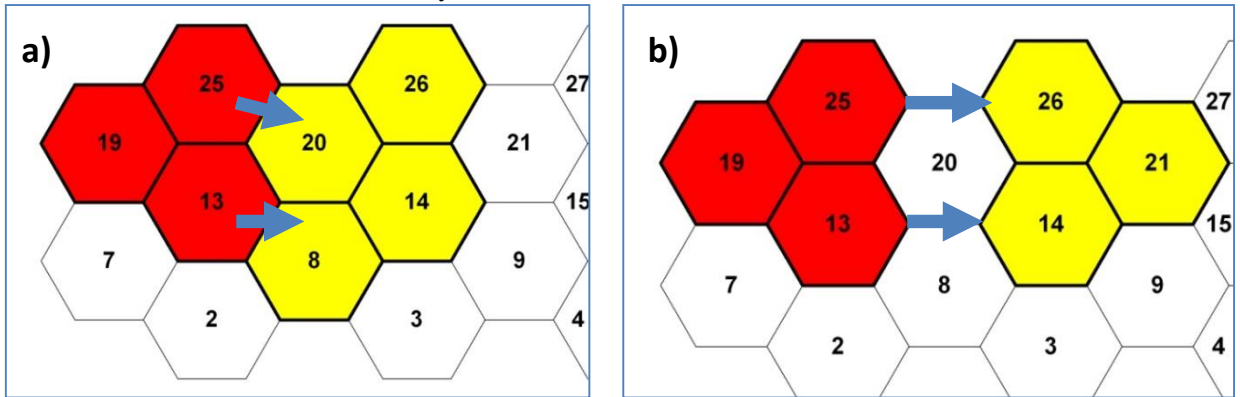
Kesime tabi tutulan blokların diğer bloklar ile aynı açma alanı içerisinde kabul edilmesi için gerekli olan kuş uçuşu mesafedir. Diğer bir ifadeyle, iki bloğun komşu sayılabilmesi için, içerisinde yer alan en az bir bölmeçiğin diğer blok içerisinde yer alan herhangi bir bölmeçik ile belirli bir mesafe içerisinde komşu olması gerekmektedir. Örneğin, Şekil 2-a’da, 19, 25, ve 13 no’lu bölmeçiklerin 10 no’lu kesim bloğu (kırmızı renkle), 8,14,20 ve 26 no’lu bölmeçiklerin ise 20 no’lu bloğu (sarı renkle) oluşturduğu varsayılmıştır. 10 ve 20 no’lu bloklar, aynı periyotta ya da erteleme süresi dahilinde gençleştirilmiş ise “0 metre” mesafede komşu sayılan iki bloktur ve aynı açma alanı içerisinde yer almaktadır. Benzer şekilde, Şekil 2-b’de, kırmızı ve sarı renk ile gösterilen bölmeçikler farklı kesim bloklarını göstermekte ve belirli bir “X metre” mesafede komşu sayılmaktadırlar. Her iki örnekte gençleştirilmiş kesim bloklarını diğer blok ile komşu olması için poligon sınırları arasındaki en kısa mesafenin istenilen

değerden az olması gerekmektedir ve bu değere komşuluk mesafesi olarak

belirlenmektedir.



Şekil 1. Kesim bloklarının oluşturulmasını bitişik (a), “L1” mesafe (b) ve “L2” mesafe (c) göre yakınlık mesafesinin kullanılması



Şekil 2. Açma alanlarının belirlenmesinde sıfır mesafe komşuluk (a) ile “X metre” komşuluk mesafeleri (b)

alanları kesim bloğu olarak saptanmaktadır.

Kesim bloğu

Konumsal plan yapım aşamasında, belirlenen kesim kurallarına göre idare süresini doldurmuş bölmeciklerden yakınlık mesafesi ve alan miktarına göre gençleştirme

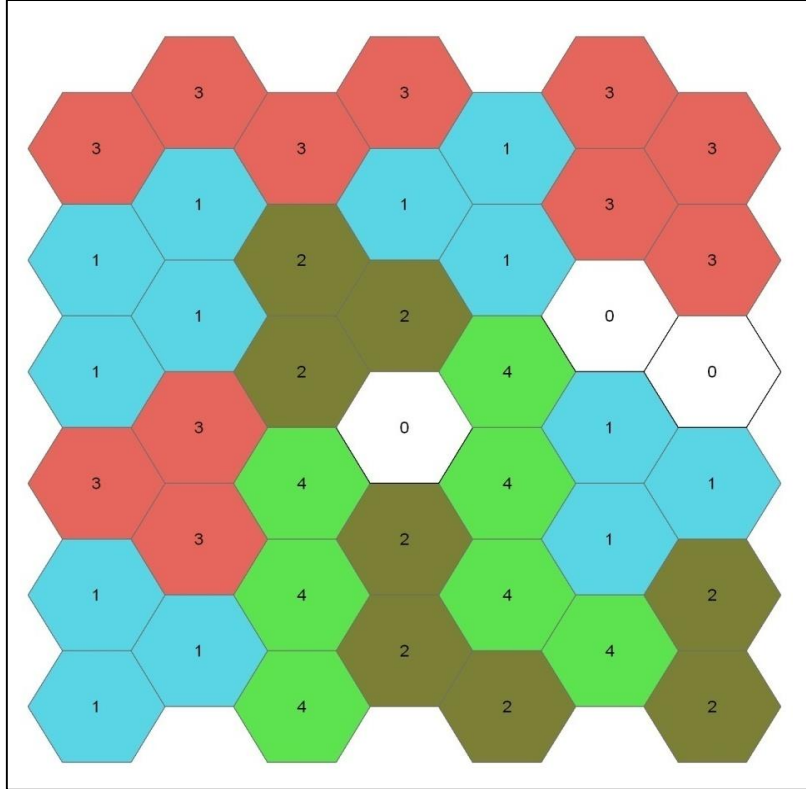
Örneğin Şekil 3’de kesim bloklarının oluşturulması gösterilmektedir. Burada, aynı periyotta kesime tabi tutulan bölmecikler aynı renk ve periyot numarası ile

gösterilmiştir. Bu alanların kesime alınması esnasında minimum kesim blok büyüklüğü, yakınlık mesafesi ve hedeflenen kesim bloğu büyüklüğü kurallarına uygun olması gerekmektedir. Bu örnekte her bir poligon 2 ha büyüklüğe sahip olup, en küçük kesim bloğu büyüklüğü 4 ha, hedeflenen büyüklük ise 8 ha olarak belirlenmiştir. Bu örnekte komşuluk ve yakınlık mesafesi ise “0 metre” kabul edilmiştir.

Minimum kesim bloğu büyüklüğü, gençleştirme çalışmaları sırasında ekonomik ve teknik açıdan müdahale edilmesi gereken en küçük alan büyüklüğüdür. Kullanıcı tarafından plan yapılan yöre, ekosistem ve ağaç türü ve gençleştirme maliyetleri dikkate alınarak belirlenecektir. Hedeflenen kesim bloğu büyüklüğü ise gençleştirme çalışmaları

sırasında gençleştirme alanı büyüklüğünün olması gereken ideal değeri olarak belirlenecektir. Bu değerden az ya da büyük alana girilmesi ekonomik ve teknik açıdan yanlış olduğu düşünülmektedir. Yani planlama aşamasında modelin bu değere yakın ya da eşit alanları gençleştirme alanı büyüklüğü olarak belirlemesi sağlanacaktır.

Erteleme Süresi (green-up), gençleştirilen bir alanda gençliğin hayatietini devam ettirmesine kadar geçen süre ya da başka bir ifadeyle komşu blokların gençleştirilmesi için beklenmesi gereken süredir. Hızlı gelişme ve büyüme seyri gösteren türlerde (kızılçam, sedir vb.) bu süre kısa (1 periyot) olurken bazı yavaş büyüyen türlerde (kayın, göknar, karaçam, sarıçam, meşe vb.) 2-3 periyota kadar uzamaktadır.



Şekil 3. Kesim blokları (numaralar veya renkler kesim periyotlarını göstermektedir) aşmaması model tarafından sağlanır.

Açma alanı

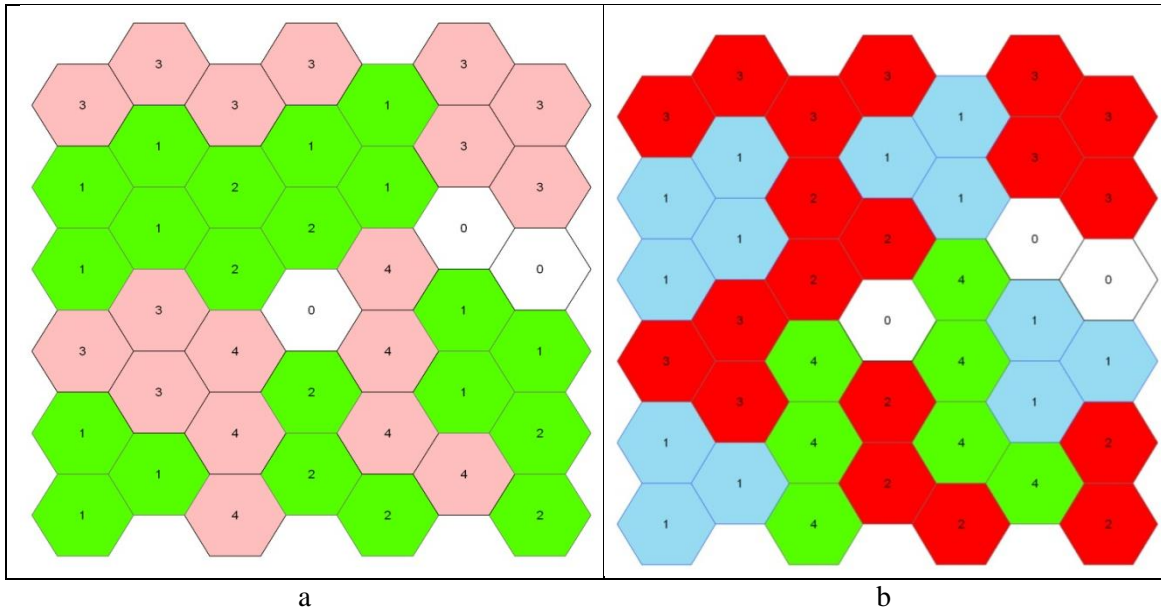
Gençleştirme çalışmaları esnasında, aynı ya da farklı periyot içerisinde gençleştirilmiş alanların erteleme süresi dahilindeki toplam gençleştirme alanı miktarıdır. Bu alan aynı periyotta yada erteleme süresi “0” dan farklı ise, farklı periyotlarda komşu blokların toplam miktarı olarak bulunur ve bu değeri

Örneğin, Şekil 4’de oluşturulan kesim blokları bu defa erteleme süresi 1 periyot, maksimum açma alanı miktarı “20 ha” olacak şekilde ve bloklar arasındaki komşuluk mesafesi de yine “0 metre” alınarak açma alanları oluşturulmuştur. Erteleme süresi “1 periyot” olarak

belirlenmesi, bir birine komşu (0 metre) 1 ve 2 no'lu kesim periyotundaki kesim bloklarının aynı açma alanı içerisinde kabul edileceğini, yine ardışık şekilde bir birine komşu 2 ve 3 no'lu periyottaki kesim bloklarının aynı açma alanı içerisinde yer alacağını göstermektedir. Örneğin, 2 no'lu kesim periyotundaki herhangi bir kesim bloğu, aynı anda 1 ve 3 no'lu periyottaki bloklar ile aynı açma alanı içerisinde yer alabilir. Bu nedenle Şekil 4-a'da, 1 ve 2 no'lu periyot aynı açma alanı içerisinde, 3 ve 4 no'lu periyot aynı açma alanı içerisinde

gösterilmiştir. Benzer şekilde 2 ve 3 no'lu periyotlar ise Şekil 4-b'de aynı açma alanı içerisinde gösterilmiştir. Kesim blokları ve benzer şekilde açma alanları aynı zamanda belirli bir yatay mesafeye göre de belirlenebilirler.

Maksimum açma alanı büyüklüğü, ormanda gençleştirme ile açılması gereken en büyük alan miktarıdır. Bu alan aynı periyotta yada erteleme süresi "0" dan farklı ise, farklı periyotlarda komşu blokların toplam miktarı olarak bulunur ve bu değeri aşılmaması sağlanır.



Şekil 4. Açma alanları (a- Erteleme süresi 1 alınarak oluşturulan açma alanları (1 ile 2, 3 ile 4. Periyotlar, b- Erteleme süresi 1 alınarak oluşturulan açma alanları (2 ile 3. Periyotlar)

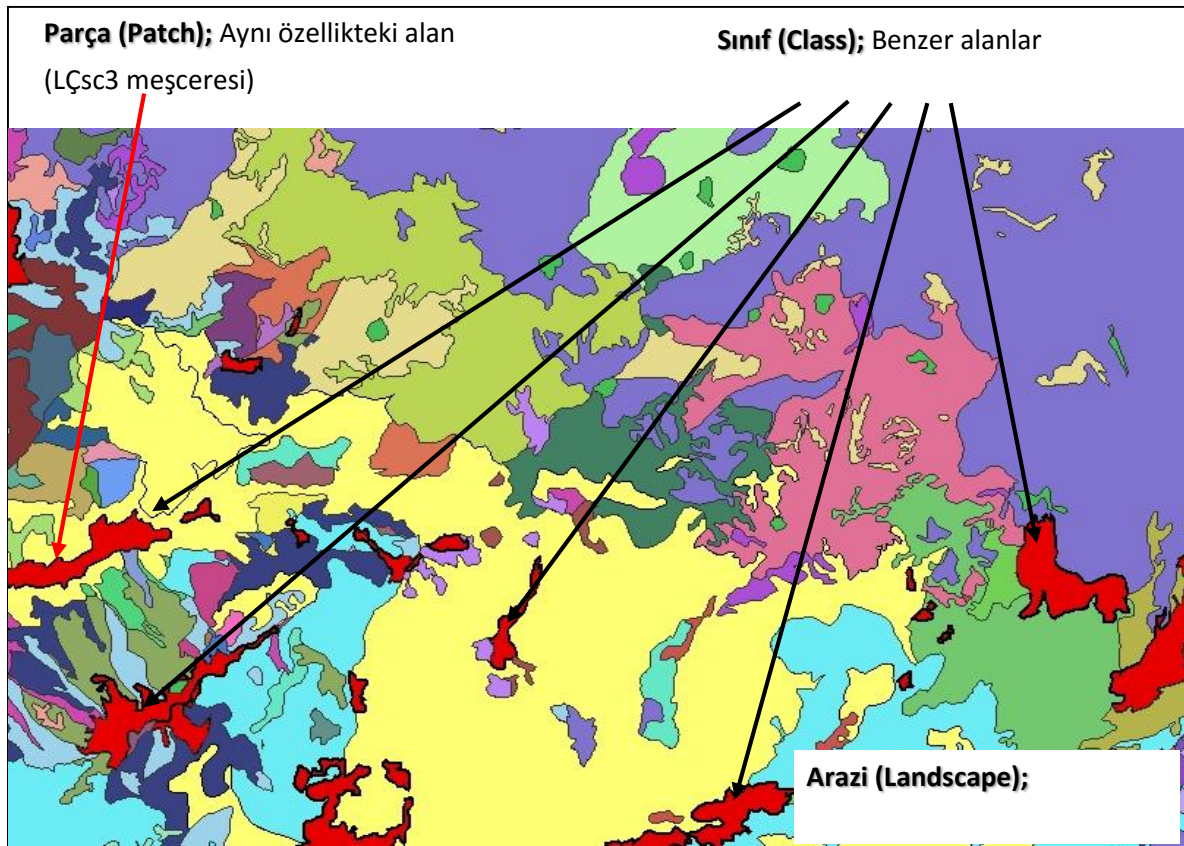
Parçalılık indeksleri

Konumsal yapının tanımlanmasında bazı parça tanımları ve parçalılık indeksleri kullanılmaktadır. Bu indeksler planlama aşamasında her bir periyot için hesaplanmakta ve kullanıcı tarafından kontrol edilebilmektedir. Konumsal analiz; konumsal verilerin mevcut formlarının belirli bir amaca yönelik başka bir forma dönüştürerek yeni bir veri setinin oluşturulmasıdır. Konumsal analiz, ham veriyi yararlı bilgiye çeviren işlemdir (Longley ve ark., 2001). Orman parçası (patch), arazi (landscape) ve sınıf (class) terimleri kullanılmıştır (McGarigal, 1994). Şekil 5' de gösterildiği üzere, tek bir LÇsc3 meşçeresi bir orman parçasını (Patch) ifade

etmekte, arazideki tüm LÇsc3 meşçereleri sınıfı (class) ifade etmekte ve alandaki tüm meşçereler ise araziyi (Landscape) ifade etmektedir. Orman ekosisteminin planlama yürüngesi boyunca konumsal yapısının tanımlanması için, sınıf ve arazi bazında farklı parçalılık indeksleri kullanılmaktadır (Tablo 1). Konumsal planlama yapım aşamasında, planlamacıların farklı sınıfları tanımlamasına ve kullanmasına imkan verilmektedir. Planlayıcı için sadece ormanlık alanlar önemli ise, ormanlık alan ve diğer alanlar bir sınıf olarak tanımlanabilmekte ve parçalılık indeksleri kontrol edilmektedir. Planlayıcı için ormanlık alanların türlere göre dağılımı önemli ise, tür bazında bir sınıf

tanımlanabilmektedir. Benzer şekilde yaş sınıfı, gelişim çağı, göğüs yüzeyi, hacim miktarı gibi değerlerde sınıf tanımlaması için kullanılmaktadır. Burada en önemli faktör, belirtilen sınıflama için parça ya da bölmeciklerin kaç metre mesafede yakın (komşu) sayılacağı ve bu mesafe içerisindeki alanların parça kabul edileceğidir. Diğer bir ifadeyle, planlayıcının istediği meşcere parametresine göre sınıf belirlemesi aşamasında komşuluk mesafesi ve istediği

parametrenin kuralını tanımlaması gerekmektedir. Yaban hayatı planlaması için 0-40 yaş arası yapraklı ormanlar barınma yeri özelliği, 100-140 yaş arası ormanlar doğal yaşlı orman özelliği taşıyor ve aralarındaki mesafenin 200 metre olması yeterli ise, kullanıcı bu değerleri tanımlayarak istediği orman ekosistemi yapısına uygun alanları belirleyebilir.



Şekil 5. Konumsal objelerin ölçeklendirilerek sınıflandırılması

Tablo 1. Yaygın olarak kullanılan konumsal analiz ölçütleri

Ölçek	Kısaltma	Açıklama
Sınıf	<u>CA</u>	Sınıf alanı (ha)
Sınıf	<u>AREA</u>	Parça alanı (ha)
Sınıf/Arazi	<u>LSI</u>	Arazi benzerlik indeksi
Sınıf	<u>PCLAND</u>	Sınıf alan yüzdesi (%)
Sınıf/Arazi	<u>LPI</u>	En büyük parça oranı (%)
Sınıf/Arazi	<u>NP</u>	Parça sayısı (#)
Sınıf/Arazi	<u>PD</u>	Parça yoğunluğu (100 ha da)
Sınıf/Arazi	<u>MPS</u>	Ortalama parça büyüklüğü (ha)
Sınıf/Arazi	<u>PSSD</u>	Parça büyüklüğü standart sapması
Sınıf/Arazi	<u>PSCV</u>	Parça büyüklüğü varyasyon katsayısı

Parça alanı; Bu değer belirlenen her bir bölmecik yada parçanın alanını hektar cinsinden belirtmektedir.

$$\text{Alan} = a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right) \quad (1)$$

Arazi benzerlik indeksi (Landscape Similarity Index); 0 ile 100 arasında değişen bir indeks olup, arazinin ne kadar farklı tipte sınıflardan oluştuğunu göstermektedir. Sınıf olarak yaş sınıfı yada ormanlık alan tanımı yapıldığı takdirde bu sınıfa aynı özelliklere sahip komşu bölmecikleri parça yaparak gruplandırmaktadır.

$$LSIM = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100) \quad (2)$$

Sınıf alanı (ha)(CA): Belirlenmiş olan sınıfların (yaş sınıfı, Ormanlık alan, ağaç türü vb.) toplam alan miktarını göstermektedir.

$$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right) \quad (3)$$

Sınıf alan yüzdesi (%LAND): Bir sınıfın toplam alan içerisindeki yüzde oranını göstermektedir.

$$\%LAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100) \quad (4)$$

En büyük parça indeksi (LPI): Bir sınıf içerisindeki en büyük alana sahip parçanın o sınıf alanına oranını göstermektedir. Aynı zamanda tüm alan içerisindeki en büyük parçanın tüm alan değerine oranı olarak ta arazi bazında hesaplanmaktadır. Yani sınıf ve arazi bazında hesaplanmaktadır.

$$LPI = \frac{\max_{j=1}^n (a_{ij})}{A} (100) \quad (5)$$

Parça sayısı (NP): Tüm alan (arazi) ya da sınıf içerisindeki parça sayısını göstermektedir.

$$NP = n_i \quad (6)$$

Parça yoğunluğu (PD): Sınıf

içerisindeki ya da tüm alandaki parçaların 100 hektardaki sayısını göstermektedir. Diğer bir ifadeyle, 100 hektar içerisindeki parça yoğunluğu miktarıdır.

$$PD = \frac{n_i}{A} (10.000)(100) \quad (7)$$

Ortalama parça büyüklüğü (MPS, ha): Sınıf ya da arazi bazında ortalama parça alanı miktarını göstermektedir.

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \left(\frac{1}{10.000} \right) \quad (8)$$

Parça büyüklüğü standart sapması (PSSD, ha): Sınıf ya da arazi bazında parça büyüklükleri arasındaki değişimi göstermektedir.

$$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right) \right]^2}{n_i}} \left(\frac{1}{10.000} \right) \quad (9)$$

Parça büyüklüğü varyasyon katsayısı (PSCV, %): Parça büyüklüğü standart sapma değerinin sınıf ya da arazi bazında ortalama parça büyüklüğüne oranıdır.

$$PSCV = \frac{PSSD}{MPS} (100) \quad (10)$$

Konumsal Orman Planlamasında Kullanılan Bazı Önemli Sezgisel Arama Teknikleri

Sezgisel arama yöntemi, bir problemin tanım uzayı çok büyük olduğunda, çözümün aranmasını kesin biçimde sınırlayan herhangi bir kural, strateji, hile, sadeleştirme gibi faktörlerin kullanımınıdır. Sonucun doğruluğunun kanıtlanabilir olup olmadığını önemsemeden genelde iyi çözüm yolları elde eder. Problem çözerken iki temel amaç vardır: hız ve doğruluk. Sezgisel algoritmalarda genellikle bu amaçlardan birisi göz ardı edilebilir. Sezgisel yöntemler, ya probleme hızlı bir çözüm üretilir ama problemi her zaman çözeceği garanti edilemez ya da problemi makul bir zamanda çözer ama her zaman aynı hızda problemi çözeceği garanti edilmez (URL-1).

Yerel arama yöntemleri olarak da bilinen sezgisel arama yöntemlerinde genelde çözüm

uzayında arama, belirlenen komşuluk yapısı ile daha iyi bir komşu çözüm bulunamadığı durumlarda sonlandırılmaktadır. Bu sebeple bu yöntemler yerel minimum noktalarda takılmakta ve arama stratejisi kör bir şekilde uygulanmaktadır. Üst sezgisel yöntemler ise yerel minimum noktalardan kurtulmak için daha kötü çözümlerin de kabul edildiği global optimizasyon yöntemleridir (URL-2).

Sezgisel algoritmalar, probleme bağımlı algoritmalarlardır. Yöntem, bir problemde oldukça başarılı olurken diğer bir problem de benzer başarıyı sağlayamayabilir. Başlıca kullanılan sezgisel algoritmalar; tavlama benzetimi, genetik algoritmalar, tabu araştırma algoritmaları ve hücrel otomasyon olarak sayılabilir (Ulusoy, 2002; Coşkun, 2007)

Tavlama benzetimi (simulated annealing)

Tavlama Benzetimi (TB) algoritması; pek çok değişkene sahip fonksiyonların en büyük veya en küçük değerlerinin bulunması ve özellikle pek çok yerel en küçük değere sahip doğrusal olmayan fonksiyonların en küçük değerlerinin bulunması için tasarlanmıştır. Bu algoritma ve türevleri, katı cisimlerin soğurken mükemmel şekilde atomik dizilişlerini örnek aldığından ve özellikle metallerin (örneğin; çelik) tavlama işlemini andığından bu ismi almıştır. TB, optimal depolama, elektronik devrelerin tasarımı, gezici satış elemanlarının optimal satış programı ve üretim ıskalalarının hazırlanmasına ilişkin problemlerin çözümünde kullanılmaktadır (Kirkpatrick, 1984; Lockwood ve Moore, 1993; Öhman ve Ericksson, 1998). Diğer olasılıklı yaklaşımlar gibi en iyiye yakın çözümün en kısa zamanda üretimini sağlar. Bu sebeple, özellikle matematiksel modellerle gösterilemeyen yada tanımlanamayan katkı yada kombinasyonel problemlerin eniyilenmesi uygulamalarında tercih edilmektedirler.

TB algoritmasının temelini oluşturan fikirler, ilk olarak Metropolis ve ark. (1953) tarafından önerilmiştir. TB algoritması, malzemelerin sıcak banyolarda soğutulmasından (tavlama) esinlenilerek hazırlanmıştır. Eğer, katı malzeme erime noktasına kadar ısıtılır ve katı hale geçinceye kadar tekrar soğutulursa, katı malzemenin

soğutulmuş durumunun yapısal özellikleri soğutma oranına bağlı olur. Örneğin, kristaller çok yavaş bir soğutma ile büyüyebilirler, fakat hızlı bir soğutma, kristal yapısında kusurların oluşmasına neden olabilir. Tavlama sürecinin, malzemeyle ilgili bir parçacıklar sistemi olarak benzetimi yapılabilir. Temel olarak, Metropolis algoritması, soğutma sürecinden geçirilen bir sistemin kararlı bir duruma gelinceye kadarki, enerjisindeki değişikliklerin benzetimini yapar (Gülsün ve ark., 2008).

Belirli bir problemin çözümü için TB algoritmasının uygulanmasında, belli sayıda kararın verilmesi gerekmektedir. Bu kararlar iki kategoride incelenebilir. Birinci tip kararlar, tavlama algoritmasında kullanılan parametrelerle ilgili olan genel kararlardır. Genel kararlar, başlangıç sıcaklığı, soğutma katsayısı (bitiş iterasyon sayısına ve sıcaklık soğutma fonksiyonu ile belirlenen) ve bitiş şartıdır. İkinci tip kararlar ise probleme özgü uygun çözümlerin uzayının seçimi, maliyet fonksiyonunu şeklinin belirlenmesi ve kullanılacak komşuluk yapısına karar verilmesi gibi kararları içerir. Söz konusu iki karar grubu da algoritmanın hızını ve elde edilen çözümün kalitesini etkilediğinden dikkatle belirlenmelidir (Reeves, 1993).

Tabu arama algoritması

Tabu kelimesi Tonga adalarındaki Avustralya yerlilerinin kullandıkları Polynesia adıyla anılan dilin Tongan kelimesinden gelmektedir. Tongan kelimesinin anlamı, dini anlamda kutsal olan, dokunulması yasaklı şey demektir. Webster Sözlüğüne göre, “koruyucu ölçü olarak sosyal gelenekle zorla kabul ettirilen yasak” anlamına gelmektedir. Bu pratik anlamlar, tabu arama algoritmasının ana temasını ortaya koymaktadır.

Tabu arama lokal optimalliğin ötesinde, çözüm uzayını araştırmak için yerel bir arama yöntemine rehberlik eden çok iyi bir sezgisel algoritmadır. Lokal prosedür, verilen herhangi bir çözümün komşuluğunu tanımlamak için “adım (move)” olarak anılan bir operasyonu kullanan araştırmadır. Tabu aramanın temel bileşenlerinden birisi de daha esnek bir arama durumu oluşturan kendi uyarlanabilir (adaptive) hafızasıdır. Bu nedenle hafızaya dayalı stratejiler tabu arama

yaklaşımlarının önemli özelliğidir.

Lokal arama algoritmaları verilen bir çözümün komşuluklarının arandığı kombinasyonel problemlerde en iyi veya en iyiye yakın çözümleri bulabilmektedir. Fakat bu algoritmalarındaki en basit problem lokal minimuma düşmenin önlenmesinin zorluğudur. Bir önceki çözüme dönüşlerde, lokal minimuma salınım (kısır döngü) yapılıyor olabilir. Bu salınımlar arama süresinin uzamasına neden olacaktırlar. Eğer daha önceden başvurulmuş ve bulunan çözümler yasaklı oldukları bilinen bir listeye alınır ve belli bir süre bu listede tutulursa, salınımlar önlenmiş olacaktır.

TA çözümde bir değişiklik yapmayı kabul etmeden önce mevcut çözümlerin komşularının, başka bir ifadeyle yakın çözümlerin bulunduğu kümede arama yapar. Çözüm uzayında yapılabilecek mümkün hareketler kümesinin üretilmesi ve bunlardan birisinin kabul edilmesi iterasyonlar boyunca devam eder (Pukkala ve Heinonen, 2006). TA'nın temelleri, uygunluk sınırlarını veya doğal olarak bariyer vazifesi yapan lokal optimalliği aşmak ve sistematik olarak kısıtları zorlayarak yasak alanlarda araştırma yapmaya izin vermek için dizayn edilmiş metotlara dayanır. Bu tür prosedürlerin ilk örnekleri, sistematik olarak uygunluk koşullarını zorlayan vekil kısıt metotlarını (surrogate constraint methods) ve düzlem kesme yaklaşımlarını (cutting plane approaches) temel alan sezgisel yaklaşımları kapsamaktaydı. TA'nın modern biçimi Glover ile şekillenmiştir. Metodun bazı türetilmiş fikirleri ise Hansen tarafından geliştirilmiştir (Reeves, 1993).

Genetik algoritma

Evrimsel mekanizmasını kullanan bir stratejidir. Genetik algoritmanın esası en iyinin hayatta kalmasına ve adaptasyonuna dayanır. Ancak diğer yöntemlerde de olduğu gibi genetik algoritma en iyi çözümü vereceğini garanti edemez. Buna karşın genetik algoritmaların bulunduğu çözümlerin diğer yöntemlerin çözümüne göre daha pratik olduğu öne sürülmektedir.

Günümüzün karmaşık ve zor koşulları problemlere hızlı ve kolay çözüm veren yeni çözüm yöntemleri arayışına neden olmuştur. Özellikle sert optimizasyon teknikleri yerine,

yumuşak hesaplama ve evrimsel algoritma kullanımı ön plana çıkmıştır. Evrimsel yaklaşımlardan olan genetik algoritmalar da, bu arayışlar içinde önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Uygulama başarıları artan ve sürekli geliştirmeye çalışılan genetik algoritmalar diğer yumuşak hesaplama yöntemleri ile birlikte kullanılarak hibrid çözümler geliştirilmesine çalışılmaktadır.

GA, sezgisel bir metot olması nedeniyle verilen bir problem için optimum sonucu bulmayabilir, ancak bilinen metotlarla çözülemeyen ya da çözüm zamanı problemin büyüklüğü ile üstel artan problemlerde optimuma yakın sonuçlar vermektedir. Çoğu pratik optimizasyon problemlerinde karışık değişkenler (sürekli ve kesikli) ve araştırma alanında süreksizlikler söz konusudur. Eğer bu durumlarda standart doğrusal olmayan programlama teknikleri kullanılırsa hesaplamalar açısından çok pahalı ve etkin olmayan durumlara karşılaşırlar. Genetik algoritmalar bu durumlar için iyi bir çözüm oluşturmaktadır (Alataş ve Arslan, 2005).

Karar Destek Sistemleri ve Konumsal Planlamada Kullanımı

Orman amenajmanında geliştirilen ve kullanılan KDS'leri, karar verme aşamasında karar vericilerin en uygun kararları almasına, karar vericinin bilgi birikimi ve bilgisayarların bilgi işleme yeteneklerini bütünleştiren bir modelleme sistemi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sistemler, orman ekosistemleri gibi gerçekte karmaşık olan sistemleri kavramayı kolaylaştırırken, onları bir bütün olarak değerlendirmeyi sağlamaktadır. Üstelik herhangi bir probleme optimal çözümler bulmakla birlikte, karar vericilerin alternatifler arasından en uygununa karar vermesine yardım ederler (Keleş, 2008).

Orman amenajman planlarının yapımına hizmet etmek amacıyla bugün gelişmiş ülkelerde, ormancılık alanında konumsal bilgiyi kullanarak yöneylem araştırması teknikleriyle bütünleştiren KDS'leri geliştirilmekte ve orman işletmelerince kullanılmaktadır. Bunlardan özellikle konumsal orman amenajman planlarının hazırlanmasına altlık oluşturacak ve bu planların hazırlanmasına yönelik olarak

geliştirilen KDS'leri Tablo 2'de verilmiş ve her birinin amacı ve özellikleri kısaca açıklanmıştır. Bu KDS'leri özellikle ormancılıkta gelişmiş olan Amerika, Kanada ve Finlandiya gibi ülkelerde orman amenajman planlarının hazırlanmasında etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sistemler, ormanların sunmuş olduğu pek çok değer/fonksiyonları aynı anda dikkate almakta, farklı optimizasyon, simülasyon ve kombine optimizasyon tekniklerini kullanmaktadır. Geliştirilen konumsal planlama tabanlı KDS'leri CBS tarafından desteklenmektedir ve öznitelik verileri ile birlikte konumsal verilerin organizasyonu, sürekliliği, ulaşılabilirliği, güncelliği kolayca sağlanmaktadır. CBS kullanılması nedeniyle de, konumsal analizler ve sorgulamalar yapılabilen, sonuçta hazırlanan planlara uygulanabilir statü kazandırılmaktadır. Hazırlanan bu KDS'leri zamanla değişen toplum ihtiyaçlarına ve orman ekosistem yapısına bağlı olarak güncelleştirilmektedir (Başkent ve Keleş, 2004; Başkent ve ark., 2005; Keleş, 2008).

Tablo 2. Konumsal planlamaya hizmet etmek amacıyla geliştirilmiş bazı konumsal KDS'leri ve özellikleri

Model Adı & Yazarlar & Yılı	Kullanılan Modelleme Teknikleri	Ülke	Diğer Özellikleri
SPECTRUM (Greer ve Meneghin, 2009)	Doğrusal Programlama Amaç Programlama Dinamik Programlama	ABD	FORPLAN'in varisi olup, doğrusal programlama, amaç programlama ve dinamik programlama gibi diğer yöneylem araştırması tekniklerini de barındırıyor olması yenilikleri arasındadır. <i>CBS yazılımı ile</i> bağlantı kurulmak suretiyle planlamaya konumsal özelliklerin katılması mümkündür. Çok sayıda farklı işletme faaliyetleri veya silvikültürel rejimlerin orman ekosistemi ve yaban hayatı gibi diğer orman fonksiyonları üzerindeki etkilerini inceleme fırsatı sunmaktadır.
HARVEST (Gustafson ve Crow, 1994, 1999; Gustafson ve Rasmussen, 2002; Gustafson ve ark., 2006)	Simülasyon	ABD	Meşcere parametrelerinden özellikle yaş sınıflarını dikkate alan, konumsal tabanlı (raster tabanlı) (CBS) simülasyon modelidir. Alternatif üretim stratejilerinin yaş sınıfı dağılımları, çekirdek ve kenar habitatların konumsal dağılımı ve planlama yörüngesi sonundaki ekosisteminin patch (parça) dağılımı/yapısı üzerine etkilerini değerlendirmek için geliştirilmiştir.
LANDIS (Gustafson ve ark., 2000)	Simülasyon	ABD	İçerisinde odun hammaddesi üretimi bulunan; önemli ekolojik süreçler ve bunların konumsal etkileşimlerini uygun geçerlilikte sürdüren, raster tabanlı konumsal simülasyon modelidir. Yaş sınıfları bazında alışan LANDIS modeli, uzun dönem orman ekosistemi projeksiyonunu yaş sınıfları bazında yapmaktadır.
LAMPS (Bettinger ve Lennette, 2004)	Simülasyon	ABD	Uzun bir planlama yörüngesinde, büyük ölçekli alanlarda ve farklı ekosistem yapısında çalışabilmektedir. Deterministik yapıda simülasyon modeli olup, taktiksel ve stratejik planlar arasında bağ kurabilmektedir. Müdahale alanı büyüklüğü, erteleme süresi ve koruma zonlarına özel müdahale seçenekleri gibi belirli sayıda konumsal özelliklerin kullanımını sağlayarak, simülasyon modeline konumsal özellikleri yansıtılmaktadır.
MONSU (Pukkala, 2004)	Genetik Algoritma Tavlama Benzetimi Tabu arama Hücrel otomasyon Rastgele Arama	Finlandiya	Çok amaçlı orman amenajman planları hazırlamak amacıyla geliştirilmiş olup, odun ve odun dışı ürün ve hizmetleri aynı anda hesaplama ve planlamaya dahil etme yeteneğine sahiptir. Model, içerisinde konumsal ve konumsal olmayan özellikleri planlamada bütünleştirebilme özelliğine sahip, farklı modelleme algoritmalarını (tabu arama, tavlama benzetimi, genetik algoritma, rastgele arama ve bunların kombinasyonları) kullanarak, farklı özellikte plan yapmaya hizmet eden farklı modüllere sahiptir.
SAGALP (Chen ve Gadow, 2002)	Doğrusal Programlama Tavlama Benzetimi Genetik Algoritma	Almanya	Kullanıcı tarafından girilen ortak bir veri tabanı aracılığıyla, çok sayıda basit orman amenajmanı planlama problemlerine çözüm bulmak amacıyla geliştirilmiş bir sistemdir. Doğrusal programlama, tavlama benzetimi ve genetik algoritma modüllerini içermekte olup modüler bir yapıya sahiptir.

Tablo 2'nin devamı

Model Adı & Yazarlar	Modelleme Teknikleri	Ülke	Diğer Özellikleri
HABPLAN (NCASI, 2006)	Doğrusal Progr. Tavlama Benzetimi Genetik Algoritma	Kanada	Aynı anda stratejik ve taktiksel plan yapma özelliği ile konumsal ve konumsal olmayan planları yapabilmektedir. Poligon bazında çalışması en uygun şekilde konumsal planlama yapma imkanını sunmakta ve her poligona farklı silvikültürel rejimler belirlenebilmektedir.
GISFORMAN LANDMAN (Wang ve ark., 1987; Jordan ve Baskent, 1992)	Simülasyon	Kanada	GISFORMAN, konumsal özellikleri dikkate alarak, sezgisel planlama teknikleri kullanan ve odun üretim planlamasına hizmet eden simülasyon modelidir.
WOODSTOCK (Walters, 1993)	Simülasyon Doğrusal Programlama Kombine Optimizasyon	Kanada	Çok amaçlı planların hazırlanmasına hizmet eden orman modelleme sistemidir. Meşçere bazında sonuç vermemektedir, konumsal özellikler hariç tutulmuştur. Ancak, bu program ile irtibatlı çalışan ve yine aynı firmanın ürettiği STANLEY programı geliştirilmiştir. Bu program herhangi bir doğrusal programlama tekniği sonucu geliştirilen analiz alanı bazlı sonuçları bölmecik (meşçere) bazına indirgemektedir. Orman amenajmanı piyasasında ciddi etkileri olan ve geniş kullanım kitlesi barındıran WOODSTOCK/STANLEY programına, CBS modülü entegre edilerek SPATIALWOODSTOCK programı geliştirilmiştir. Bu program şu anda çok sayıda geliştirilmiş CBS programlarının yaptığı bazı konumsal işlemleri, bölmecikler arasında istenilen mesafeler için komşuluk tablosu oluşturmayı kendisi yapabilmektedir.
ATLAS (Nelson, 2000; Perdue ve Nelson, 2000; Nelson, 2003)	Simülasyon	Kanada	Orman yollarını ve temel üretim birimlerini konumsal olarak ele alan simülasyon modelidir. Gençleştirme alanı büyüklüğü kısıtları ve aralarındaki komşuluk kısıtlarına kadar çok sayıda amaçlar/hedefler veya kısıtlayıcılar modele entegre edilebilir. Meşçerelere (bölmeciklere) en yaşlıdan kesmek gibi belirli kesim önceliklerine göre, kullanıcı tarafından belirlenen hedefler doğrultusunda kesilmek suretiyle çalışmaktadır. Model sonuçlarını görsel olarak izlemek ve değerlendirmek (haritaya aktarmak), orman yollarının planlamaya dahil edilmesi önemli özellikleridir.
ECHO (MMFA, 2001)	Doğrusal Programlama Tavlama Benzetimi	Kanada	Simülasyon, optimizasyon ve kombine optimizasyon teknikleriyle farklı zaman ölçeklerinde ekosistem tabanlı plan yapabilen konumsal bir karar destek sistemidir. MODEL A, MODEL B ve MODEL C olmak üzere hiyerarşik yapıda üç modüle sahiptir. Doğrusal programlama ve kombine optimizasyon tabanlı planlama modelleri aracılığıyla, konumsal ve konumsal olmayan çıktıları ve meşçere parametrelerini bölmecik bazında, farklı işletme faaliyetleri altındaki dinamik yapısını karşılaştırma imkanı vermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde ve dünyadaki gelişmelere paralel olarak sürekli değişen ve bir birleriyle çelişen toplumun orman ekosisteminden arzuladığı ürün ve hizmet beklentilerini en iyi şekilde karşılamanın yolu, orman

ekosisteminin mevcut yapısına en az düzeyde zarar verecek ve uzun vadede sürdürülebilirliğini sağlayacak uygulanabilir bir konumsal planlamanın varlığından geçmektedir. Orman ekosisteminin uzun vadede bütünlüğünün ve sağlığının

korunacağı, kısa vadede ise konumsal özelliklerinin planlamaya yansıtılabileceği sürdürülebilir bir planlama için etkin bir planlama tasarımına ve bunu da gerçekleştirecek bir planlama yaklaşımına ve modellerine ihtiyaç vardır. Ülkemizde, geleneksel olarak hazırlanan ve halen yürürlükte olan orman amenajman planlarında faydalanma teknikleri olarak kullanılan tek periyotla sınırlı ve basite indirgenmiş formüller yaklaşım, her ne kadar orman fonksiyonlarını bir ölçüde planlamaya dahil edilebilse de, çağdaş ormancılık kapsamında değerlendirildiği zaman etkisini kaybetmiştir. Buna karşın, özellikle son yirmi yıllık dönem içerisinde ormancılık faaliyetlerinin planlanmasında artık Dünya’da simülasyon ve optimizasyon gibi bilimsel karar verme yahut modelleme teknikleri ile son 15 yıllık dönemde ise kombine optimizasyon teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmenin belki de en önemli nedeni, doğal kaynakların planlanmasında odun ve odun dışı ürünler üretiminin yanı sıra; yaban hayatı, su kalitesi, toprak koruma, rekreasyon ve biyolojik çeşitlilik gibi ekolojik, ekonomik ve sosyo-kültürel amaçların sıkça dile getirilmesi ve bunların konumsal olarak değişiminin ön plana çıkmasıdır.

Kaynaklar

Baskent E. Z. 1999. Controlling spatial structure of forested landscapes: A case study towards landscape management. *Landscape Ecology*, 14, 83-97.

Baskent E. Z. 2001. Combinatorial optimization in forest ecosystem management modeling. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25, 187-194.

Başkent E. Z., Yolasığmaz H.A., Mısır, M. 2001. Orman ekosistem amenajmanı, 1. Ulusal ormancılık kongresi, Türkiye Ormancılar Derneği Yayını, No, 1, 60-74.

Başkent E. Z., Köse S., Yolasığmaz H.A., Çakır G., Keleş S. 2002. Orman amenajmanında yeni açılımlar çerçevesinde planlama sürecinin tasarımı ve yeniden yapılanma. Orman amenajmanında kavramsal açılımlar ve yeni hedefler sempozyumu, Nisan, Bahçeköy, İstanbul, Bildiriler kitabı, 23-38.

Başkent, E.Z. ve Keleş, S., 2004. Ormancılıkta model ve modelleme kavramlarının kullanımı ve genel değerlendirmesi (1. Bölüm),

Orman Mühendisliği Dergisi, 2004, Y 41, 1-2-3, 19-24.

Başkent E. Z., Keleş S., Sivrikaya F., Karahalil U. 2005. Sürdürülebilir orman işletmeciliği ve planlaması için karar destek sistemlerinin geliştirilmesi, I. Çevre ve Ormancılık Şurası, Mart, Antalya.

Bettinger P., Sessions J., Boston K. 1997. Using tabu search to schedule timber harvests subject to spatial wildlife goals for big game. *Ecological Modelling*, 94, 111-123.

Bettinger P., Johnson D. L., Johnson K. N., 2003. Spatial forest plan development with ecological and economic goals. *Ecological Modelling*, 169, 215-236.

Bettinger, P., and Lennette, M. (2004). Landscape management policy simulator (LAMPS), version 1.1. USER GUIDE. Research Contribution 43. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.

Boston K., 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.

Chen V. B. W., Gardow K. V. 2002. Timber harvest planning with spatial objectives, using the method of simulated annealing. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 121, 25-34.

Church R. L., Murray A. T., Weintraub A. 1998. Locational issues in forest management. *Location Science*, 6, 137-153.

Coşkun A. 2007. Yapay zeka optimizasyon teknikleri: literatür değerlendirmesi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.

Greer K., Meneghin B. SPECTRUM, An analytical tool for building natural resource management models, Ecosystem Management Analysis Center, USDA Forest Service, Research Paper, <http://ncrs.fs.fed.us/pubs/gtr/other/gtr-nc205/abstracts.htm/profiles/p53.pdf>, 20 Ocak 2009.

Gustafson E.J., Crow T.R. 1994. Modeling the effects of forest harvesting on landscape structure and the spatial distribution of cowbird brood parasitism, *Landscape Ecology*, 9, 237-248.

Gustafson E.J., Crow T.R. 1999. HARVEST: Linking timber harvest strategies to landscape patterns. in: Mladenoff, D.J., Baker, W.L. (Eds.), *Spatial Modeling of Forest Landscapes: Approaches and Applications*. Cambridge University Press, UK, s.309-332.

Gustafson E.J., Shifley S.R., Mladenoff D.J., Nimerfo K.K., He, H.S. 2000. Spatial simulation of forest succession and timber harvesting using LANDIS, *Canadian Journal of Forest Research*, 31, 32 – 43.

Gustafson E., J., Rasmussen L.V. 2002. Assessing the spatial implications of interactions

among strategic forest management options using a windows – Based harvest simulator, *Computers and Electronics in Agriculture*, 33, 179 – 196.

Gustafson E. J., Roberts L. J., Leefers L. A. 2006. Linking linear programming and spatial simulation models to predict landscape effects of forest management alternatives. *Journal of Environmental Management*, 81, 4, 339-350.

Gül U. A. 1990. Orman amenajman planlarının bilgisayar yardımıyla hazırlanması, Yüksek lisans tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Gülsün B., Tuzkaya G., Bildik E. 2008., Tersine lojistikte ağ tasarımı: Bir tavlama benzetimi yaklaşımı, Y.T.Ü. Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 26.

Heinonen T., Kurttila M., Pukkala T. 2007. Possibilities to aggregate raster cells through spatial optimization in forest planning. *Silva Fennica*, 41, 1, 89-103.

Jordan G. A., Baskent E. Z., 1992. A case study in spatial wood supply analysis. *The Forestry Chronicle*, 68, 503-516.

Karahalil, U., 2003. Toprak koruma ve odun üretimi fonksiyonlarının doğrusal programlama ile modellenmesi, Yüksek lisans tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Keleş S. 2003. Ormanların su ve odun üretimi fonksiyonlarının doğrusal programlama tekniği ile optimizasyonu (Karanlıkdere planlama birimi örneği), KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Keleş S. 2008. Orman amenajman planlarının hazırlanmasına yönelik karar destek sisteminin tasarımı ve prototip modelinin geliştirilmesi, Doktora tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Kirkpatrick S. 1984. Optimization by Simulated Annealing. *Quantitative Studies, Journal of Statistical Physics*, 34, 975-986.

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

Kurttila M. 2001. The spatial structure of forests in the optimization calculations of forest planning - A landscape ecological perspective. *Forest Ecology and Management*, 142, 129-142.

Lockwood C., Moore T. 1993. Harvest scheduling with spatial constraints: A simulated annealing approach. *Canadian Journal of Forest Research*, 23, 468-478.

Longley P.A. Goodchild M.F. Maguire D.J., Rhind D.W. 2001. *Geographic information systems and science*, Bath Press, London.

Malchow-Moller N., Strange, N., Thorsen B. J. 2004. Real-options aspects of adjacency constraints. *Forest Policy and Economics*, 6, 261-270.

McGarigal K., Marks B.J. 1994. *Fragstats. Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Version 2.0.* Corvallis: Forest Science Department, Oregon State University.

Metropolis N., Rosenbluth A., Rosenbluth M., Teller A., Teller, E. 1953. Equation of state calculations by fast computing machines. *Journal of Chemical Physics*, 21, 1087-1092.

MMFA. ECHO planning system, planner's under quide. McGregor Model Forest Association, British Columbia, Canada, <http://www.mcgregor.bc.ca>, 25 Ocak 2009.

Mısır M. 2001. Çok amaçlı orman amenajmanı planlarının CBS ve amaç programlama yöntemiyle düzenlenmesi, Doktora tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Murray A. T., Church R. L., 1996. Analyzing cliques for imposing adjacency restrictions in forest models. *Forest Science*, 42, 2, 166-175.

NCASI, 2006. *HABPLAN user manual.* NCASI statistics and model development group, <http://ncasi.uml.edu>, 25 Şubat 2009.

Nelson J., Brodie, J. D. 1990. Comparison of a random search algorithm and mixed integer programming for solving area-based forest plans. *Canadian Journal of Forest Research*, 20, 934-942.

Nelson J.D. 2000. *ATLAS operations Manual*, faculty of forestry, University of British Columbia, Vancouver, Canada, <http://www.forestry.ubc.ca/atlas-simfor/extension/docs.html#ATLAS>, 15 Şubat 2009.

Nelson J.D. 2003. *FPS-ATLAS database manual: Version 6*, Faculty of Forestry, University of British Columbia, Vancouver, Canada, (<http://www.forestry.ubc.ca/atlas-simfor/extension/docs.html#ATLAS>).

Öhman K., Eriksson L. O., 1998. The core area concept in forming contiguous areas for long-term forest planning. *Canadian Journal of Forest Research*, 28, 1032-1039.

Öhman K. 2001. *Forest planning with consideration to spatial relationships.* Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Umea.

Sivrikaya F. 2008. Türkiye’de orman amenajman planlama model yazılımının geliştirilmesi, Doktora tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Soykan B., 1979. Aynı yaşlı ormanların aktüel kuruluşlarının optimal kuruluşa yaklaştırılmasında yöneylem araştırması metotlarından yararlanma olanaklarının araştırılması, KTÜ Orman Fakültesi Yayın No: 106, Orman Fakültesi Yayın No: 5, Trabzon.

Perdue M., Nelson, J.D. 2000. *ATLAS/FPS tutorial manual*, Faculty of Forestry, University of British Columbia, Vancouver, Canada,

<http://www.forestry.ubc.ca/atlas-simfor/extension/docs.html#ATLAS>.

Pukkala, T., 2004. Dealing with ecological objectives in the MONSU planning system. *Silva Lusitana*, No Especial, 1-15.

Pukkala T., Heinonen T. 2006. Optimizing heuristic search in forest planning, *nonlinear analysis: Real World Applications*, 7, 1284-1297.

Reeves C.R. 1993. *Modern heuristic techniques for combinatorial problems*, John Wiley&Sons, Inc. New York, Toronto.

Ulusoy G. 2002. Proje planlamada kaynak kısıtlı çizelgeleme, *Sabancı Üniv. Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 8,23-29.

URL-1,

<http://www.bilgisayarkavramlari.com/2008/12/22/sezgi-ustu-algoritmalar-ustsezgisel-algoritmalar-meta-heuristic-algorithms>, 16.01.2009.

URL-2, <http://www.sayisalyontemler.com/?q=icerik/metasezgisel-yontemler>, 18.09.2008.

Walters K.R. 1993, Design and development of a generalized forest management modeling system: WOODSTOCK. *Proceedings of the International Symposium on Systems Analysis and Management Decisions in Forestry*, Valdivia, Chile, 190-196.

Wang, C.E., Erdle, T.A., and Roussell, T. 1987. *User manual: FORMAN wood supply model*. Fredericton: New Brunswick Executive Forest Research Committee Inc.,

Yolaşmaz H.A. 2004. Orman ekosistem amenajmanı kavramı ve Türkiye’de uygulaması, doktora tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.