

Meşcere Taslak Haritalarının Mekansal Tahmin Yöntemleri ile Üretilmesi

Sevil Aktaş¹, Osman Yalçın Yılmaz^{2*}

¹ Doğa Koruma ve Milli Parklar Mardin Şube Müdürlüğü, Valilik Binası Hükümet Konağı Kat:4 No:9
Yenişehir MARDİN

² İ.Ü. Orman Fakültesi, 34473 Bahçeköy – İstanbul

*Tel: +90 212 226 11 00 / 25344, E-posta: yilmazy@istanbul.edu.tr

Kısa Özet

Meşcere haritaları ve orman envanterinde ölçülen değişkenlerin bilimsel ve objektif ölçütlerle haritalanması meşcerelerin aktüel (bugünkü) durumu, düzenlenecek amenaşman planı ve revizyonları açısından önem taşımaktadır. Bu amaçla, SAGA-GIS özgür coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımı kullanılarak B-Splayn (BSP), Çok Katmanlı B-Splayn (MBSP), Kübik Splayn (CSP), İnce Levha Splayn (TPSP), Uzaklıkla Ters Orantılı Ağırlıklandırma (IDW), Doğal Komşu (NN), Normal Kriging (OK), Kapsamlı Kriging (UK) mekansal tahmin yöntemleri ile çalışma alanlarının gövde hacim (ağaç serveti) verilerinin ara değer kestirim (ADK) haritaları ağaç türleri gelişim çağları bazında üretilmiştir. Biri tek türden, diğeri ise birden fazla türden oluşan plan ünitelerini temsil etmesi açısından iki farklı çalışma alanı seçilmiştir. Birden fazla türe ait alanda 1.317 adet, tek türe ait alanda ise 463 adet yersel envanter örnekleme noktasına ait hektardaki gövde hacmi verileri kullanılmıştır. Üretilen haritaların Karesel Ortalama Hata (KOH) ve Yüzde Karesel Ortalama Hata (YKOH) değerleri hesaplanarak, doğrulukları yöntem bazında türlere ve gelişim çağlarına göre karşılaştırılmıştır. Yöntemleri ortalama YKOH değerleri en düşükten en yüksek olana göre sıralaması şu şekildedir; MBSP<TPSP<IDW<OK<NN<BSP<UK<CSP. Doğruluk açısından her iki plan ünitesi arasında yöntem bazında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Objektif olarak meşcere taslak haritası yapımı sürecini tamamlamak amacıyla üretilen tahmin haritaları ELECTRE TRI yöntemiyle işlenmiştir. CBS mekansal analiz yeteneklerinin meşcere haritaları ve diğeri haritaların üretiminde kullanılabilirliği ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri, mekansal tahmin, meşcere haritaları, özgür ve açık kaynak kodlu yazılım.

Producing of Stand Draft Maps with Spatial Prediction Methods

Abstract

Mapping forest stand and inventory according to scientific and objective parameters measured is significantly important for present and future condition of the forest stand. Using SAGA-GIS free geographical information system (GIS) software B-Spline, Multilevel B-Spline, Cubic Spline, Thin Plate Spline, Inverse Distance Weighting, Natural Neighbour, Ordinary Kriging, Universal Kriging spatial prediction techniques, working areas'tree volume data spatial interpolation maps were generated on the

basis of species and diameter class. Root mean square error and percent root mean square error (PRMSE) values of generated maps were calculated and accuracy of them were compared against species and diameter class for each technique. Two different study area were selected representing single and multiple species within a plan unit. Growing stock (volume) per hectare data in 463 forest inventory sampling points for single species plan unit and 1.317 sampling points for multiple species plan unit were used. The order of methods according to the PRMSE was as follows: MBSP<TPSP<IDW<OK<NN<BSP<UK<CSP. After then, generating stand outline maps from spatial interpolation maps by objective criteria, the ELECTRE TRI method was used.

Keywords: Geographic Informations Systems, spatial prediction, forest stand map, free open source software

1. Giriş

Orman amenajman çalışmalarında işletme amaçlarının belirlenmesi, faydalanma ve silvikültürel tedbirlerin alınmasında çeşitli haritalara ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü, alınacak kararların doğruluğu, bu haritaların gerçekçiliğine bağlıdır. Özellikle meşcere haritası orman amenajman çalışmalarında önemli bir yer tutar. Bu nedenle meşcere haritaları gerçeğe yakın ve objektif değerlendirme ölçütlerine dayanan yöntemlerle üretilmelidir. Meşcere haritasını oluşturmak için önce “meşcere taslak haritası” olarak adlandırılan ve çeşitli aşamalardan geçirilerek “meşcere haritası”na dönüştürülen haritanın da aynı şekilde objektif ve bilimsel yöntemlerle hazırlanması gereklidir.

Ülkemizde klasik yöntemlerle yapılan orman amenajmanı çalışmalarında, kağıt ortamında, zor ve zaman alıcı bir süreç sonucunda meşcere haritası üretilmekteydi. Bilgisayar teknolojisinin devreye girmesiyle meşcere haritaları daha kolay, hızlı ve hatasız yapılırlı olmuş ve 2004 yılında Orman Amenajman planları coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak düzenlenmeye başlanmıştır (Taş, 2009). Son yıllarda yapılan orman amenajmanı çalışmalarında, veritabanı ve coğrafi bilgi sistemi yazılımlarının kullanımı bu işlemlerin kolaylaşmasını sağlanmıştır. Ancak CBS ortamında yapılan bu çalışmalarda CBS'nin sadece sayısal harita üretimine yönelik fonksiyonları ve kartoğrafik yetenekleri kullanılmakta, analiz ve modelleme yetenekleri henüz söz konusu olmamaktadır.

Meşcere haritalarını yapan uzmanların farklı bilgi ve deneyimleri nedeniyle, komşu plan ünitelerine ait veya farklı periyotlarda düzenlenen planların arasında değerlendirme farklılıkları olabilmektedir. Oysa, objektif kriterlere göre uygun bir yöntemle üretilecek gerçekçi meşcere haritaları ile hem farklı revizyon dönemlerine ait hem de komşu plan ünitelerine ait

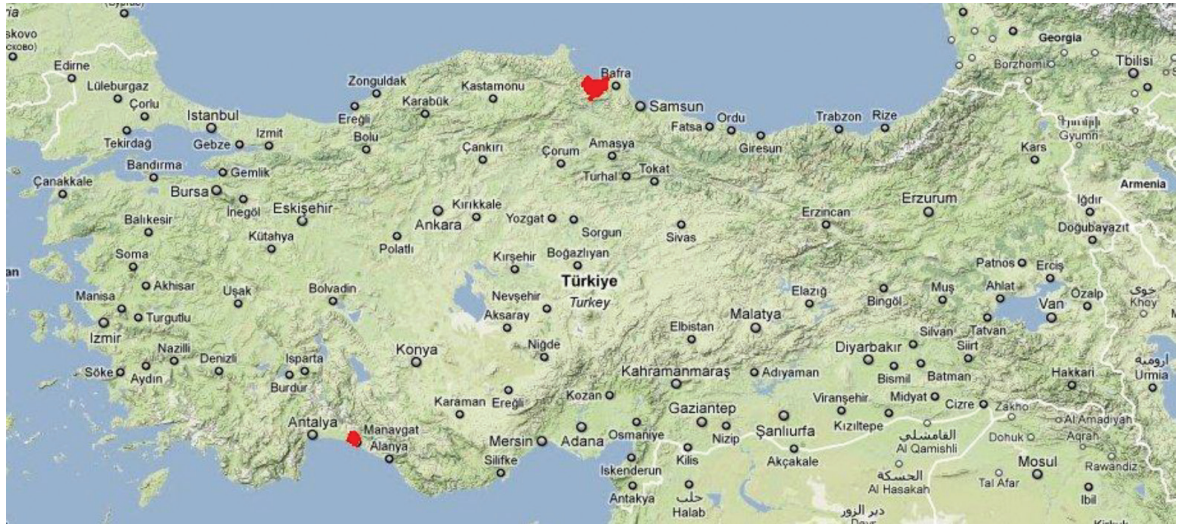
haritalar arasında tutarlılık sağlanabilecektir. Böylece, ormanların sürdürülebilir olarak işletilmesine önemli bir katkı sağlanacaktır. Bu objektifliği sağlamak için, harita üreten kişilerin karar vermelerini kolaylaştıracak bir karar destek sistemi olan CBS'nin konumsal analiz yeteneklerinden yararlanmaları yerinde olacaktır.

Ayrıca günümüzde ormancılık çalışmaları için gerekli haritaların üretiminde ne elde edilen yersel veri ile yeni ve farklı haritalar (ağaç türü, vejetasyon tipleri, yetişme ortamı tipleri, gövde hacmi, göğüs yüzeyi, bonitet, sıklık haritaları) ne de uydu görüntüleri ve/veya arazi morfometrik verileri ile meşcere parametreleri arasında ilişkiler kuran yeni yaklaşımlar kullanılmamaktadır. Oysa bu haritalar ve yaklaşımlar ormanların ekosistem tabanlı fonksiyonel planlanmasında ve faydalanma sürecinde anlamlı bilgiler içeren karar destek elemanları olacaktır. Diğer ülkelerde bu yöndeki çalışmalar başlamış ve kullanımı giderek artmaktadır. Çinde yapılan çalışmada, örnek alan verileri ile bonitet endekslerini hızlı ve doğru bir şekilde tahmin etmek için yeni yöntemler geliştirmek amacıyla, CBS'nin mekansal ara değer kestirimi (ADK) yöntemi olan kriging jeoistatistik metodu kullanılmış, mevcut orman envanteri verilerine dayanarak meşcere üst boyuna bağlı olarak tahmin yapılmıştır (Tang, Bian, 2009). Finlandiya'da yapılan bir araştırmada ise, uzaktan algılama verileri ile jeoistatistik enterpolasyon verileri kombine edilmiştir. Örnek alan ve meşcere bazında, k-en yakın komşu tahmini (k-NN), meşcere envanter verileri ve jeoistatistik enterpolasyonu ağaç türü bazında beş çeşit verinin (orta çap, orta boy, orta yaş, alan ve hacim), tahmini için kombine edilmiştir. (Tuominen ve diğ., 2003). Ülkemizde ise ormancılık alanı dışında CBS tabanlı çok değişkenli istatistiksel enterpolasyon yaklaşımları, yıllık toplam yağış verilerinin enterpolasyonunda 1/25000 ölçekli sayısal yükseklik verileri yardımcı veri olarak kullanılmış

ve kriging yöntemiyle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır (Öztürk, Batuk, 2010).

Ülkemizde son yıllarda ekosistem tabanlı fonksiyonel planlama gibi anlamlı fakat bir o kadar karmaşık bir yönteme geçilmiştir. Bu yöntemin uygulanmasında arazide örnek alanlarda ağaç servetine yönelik ölçümlerin yanı sıra yetiştirme ortamı ve biyoçeşitliliğin tespitine yönelik birçok parametre ölçülmektedir. Ancak, bilgisayar ortamında geliştirilen bir yöntem henüz kullanılmadığı için, bu verilerden

henüz yeterince yararlanılmamakta, sadece meşcere haritası yapımına ağırlık verilmektedir. Bu nedenle çalışmamızda “meşcere haritası” ve “meşcere taslak haritası” kavramları esas alınmıştır. Çalışma kapsamında, ara değer kestirim (ADK) yöntemleri ile meşcere parametrelerinden sadece gövde hacmi verisine dayanılarak tür ve gelişim çağları bazında objektif bir meşcere taslak haritası oluşturulması amaçlanmıştır.



Şekil 1. Seçilen çalışma alanlarının Türkiye’deki konumları

Figure 1. Study area location on Turkey map

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak birden fazla ve tek türden oluşan plan ünitelerini temsil edebilecek iki alan seçilmiştir (Şekil 1). Bunlardan ilki birden fazla türden oluşan Amasya Orman Bölge Müdürlüğü, Bafra Orman İşletme Müdürlüğü’ne bağlı Alaçam, Kızılan ve Yakakent Orman İşletme Şeflikleri, ikincisi ise tek türden oluşan Antalya Orman Bölge Müdürlüğü Manavgat Orman İşletme Müdürlüğü’ne bağlı Şelale Orman İşletme Şefliğidir.

2.2. Kullanılan yazılım

Çalışmada ADK yöntemleriyle tahmin haritaları oluşturulmasında tercih edilen SAGA-GIS yazılımı

2000’li yılların başlarından itibaren Göttingen Fiziki Coğrafya Bölümü tarafından geliştirilmeye başlanan ve içerisinde B-Splayn (BSP), Çok Katmanlı B-Splayn (MBSP), Kübik Splayn (CSP), İnce Levha Splayn (TPSP), Uzaklıkla Ters Orantılı Ağırlıklandırma (IDW), Doğal Komşu (NN), Normal Kriging (OK) ve Kapsamlı Kriging (UK) ara değer kestirim (ADK) yöntemlerini işleyecek fonksiyonları bulunan bir özgür yazılımdır.

2.3. Kullanılan veriler

Çalışmada, Bafra Plan Ünitesinin 1.317 ve Şelale Plan Ünitesinin 463 adet yersel envanter örnekleme alanına ait hektardaki gövde hacmi (m^3/ha) verileri kullanılmıştır. Bu verilere ait özet bilgiler tablo 2’de sunulmuştur.

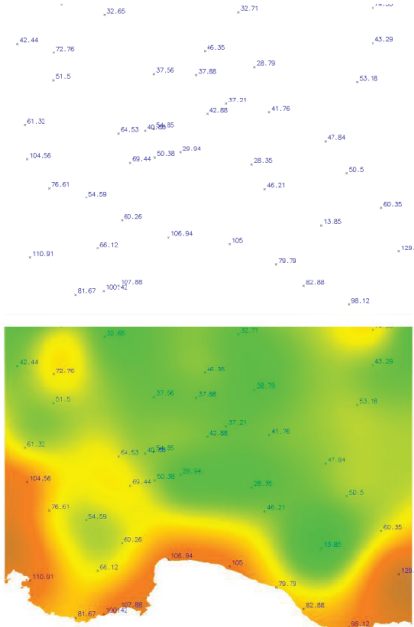
Tablo 2. Hektardaki gövde hacim değerlerinin türler bazında gelişim çağına dağılımı
 Table 2. Distribution of tree species volume data over diameter class

Plan Üniteleri	Ağaç Türü		Gelişim Çağı			
			b	c	d	e
Baфра Plan Üniteleri	Çk (Karaçam)	Ort. (m ³ /ha)	7,23	45,47	52,09	60,83
		Mak. (m ³ /ha)	41,00	136,13	166,02	118,18
		Min. (m ³ /ha)	0,31	2,13	13,13	24,04
		SS. (m ³ /ha)	7,95	34,03	37,95	38,18
		n (adet)	41	35	30	7
	Çs (Sarıçam)	Ort. (m ³ /ha)	12,59	39,86	39,57	46,46
		Mak. (m ³ /ha)	128,25	231,83	139,15	87,13
		Min. (m ³ /ha)	0,56	3,43	9,78	26,13
		SS. (m ³ /ha)	19,01	40,65	32,14	35,22
		n (adet)	120	125	62	3
	Çz (Kızılçam)	Ort. (m ³ /ha)	7,19	26,04	93,13	129,81
		Mak. (m ³ /ha)	25,20	65,88	204,90	300,65
		Min. (m ³ /ha)	0,38	1,89	15,68	30,98
		SS. (m ³ /ha)	7,05	21,77	67,14	91,53
		n (adet)	17	21	15	14
	G (Göknar)	Ort. (m ³ /ha)	19,20	89,66	83,51	88
		Mak. (m ³ /ha)	101,13	379,43	334,82	273,27
		Min. (m ³ /ha)	0,50	5,03	15,94	37,00
		SS. (m ³ /ha)	16,35	74,8	65,48	52,35
		n (adet)	456	433	290	57
	Gn (Gürgen)	Ort. (m ³ /ha)	9,39	14,95	29,25	55,56
		Mak. (m ³ /ha)	82,18	84,03	96,33	137,50
		Min. (m ³ /ha)	0,34	2,13	12,92	36,20
		SS. (m ³ /ha)	10,78	13,77	17,66	24,02
		n (adet)	732	296	62	23
	Kn (Kayın)	Ort. (m ³ /ha)	20,16	37,80	45,41	111,66
		Mak. (m ³ /ha)	117,32	176,00	232,95	573,25
		Min. (m ³ /ha)	0,39	2,63	13,25	34,33
		SS. (m ³ /ha)	17,69	30,61	34,53	90,02
		n (adet)	841	649	266	91
	M (Meşe)	Ort. (m ³ /ha)	12,10	26,12	26,86	49,91
		Mak. (m ³ /ha)	76,08	152,75	81,07	86,87
		Min. (m ³ /ha)	0,45	2,13	9,19	24,65
		SS. (m ³ /ha)	12,79	27,63	16,19	16,66
		n (adet)	410	244	58	15
	Dy (Diğer Yapraklılar)	Ort. (m ³ /ha)	5,41	9,63	24,67	59,06
Mak. (m ³ /ha)		33,9	64,28	38,75	108,48	
Min. (m ³ /ha)		0,34	2,13	12,92	36,20	
SS. (m ³ /ha)		6,84	9,83	8,49	26,25	
n (adet)		214	67	12	6	
Çz (Kızılçam)	Ort. (m ³ /ha)	12,69	45,79	78,84	76,14	
	Mak. (m ³ /ha)	68,00	172,00	301,00	272,00	
	Min. (m ³ /ha)	1,00	2,00	9,00	22,00	
	SS. (m ³ /ha)	12,19	34,38	47,91	53,80	
	n (adet)	324	388	326	197	

2.4. Mekansal tahmin yöntemleri

Mekansal tahmin, ölçülmüş (örneklenmiş) noktaların değerlerinden yararlanarak ölçülmemiş (örneklenmemiş) noktaların değerlerinin kestirimidir (Hengl, 2007, Yanalak, 1997). Her ne kadar “tahmin” terimi hem ara değer kestirimini (interpolation), hem de dış değer kestirimini (extrapolation) içerse de, literatürde yaygın olarak aradeğer kestirimi ile eşdeğer kullanılmaktadır (Hengl, 2007). Jeostatistiği de içeren mekansal tahmin yöntemleri birçok disiplin için geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Örneğin; sayısal arazi modellemede (Yanalak, 1997), yağış tahminlerinde (Hutchinson, 1998), peyzaj modelleme (Fencik ve Vajsáblová, 2006), toprak haritalarının analizleri (Goovaerts, 1998) gibi birçok değişik alanda mekansal ara değer kestirim yöntemleri kullanılmaktadır.

Mekansal ara değer kestirim, yükseklik veya sıcaklık gibi doğal olgu veya tabiat olaylarını temsil eden vektör noktalar veya eşdeğer çizgilerini verilen bu ölçüm noktaların yakınından veya üzerinden geçen bir fonksiyon kullanarak raster gösterime (sürekli yüzeye) dönüştürür (Şekil 2). Bunu sağlayan çok sayıda farklı fonksiyonlar var olduğu için, bu çok sayıda farklı ara değer kestirim teknikleri de çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır.



Şekil 2. Ölçülmüş noktasal veri ve ADK ile üretilen sürekli yüzey veri

Figure 2. Measured point data (above) and continuous surface data produce with spatial interpolation

2.4.1. Splayn yöntemleri

Yaklaşım tekniklerinin diğer bir grubu olan splaynlar (splines) eklemeli polinomun özel bir türüdür ve basit polinom enterpolasyonu için tercih edilirler (Hengl, 2007). Çünkü daha fazla parametrenin ADK'sini yapabilmektedir. Splayn fonksiyonu veride bir hata olduğunu varsayar bu nedenle de yerel bir düzeltilmeye ihtiyaç duyar (Hengl, 2007).

ADK yöntemleri matematikte olduğu kadar mühendislikte de yaygın olarak kullanılan önemli çözüm tekniklerindedir. ADK yöntemleri içerisinde polinom yaklaşımları önemli bir yer tutmaktadır. Ancak, nokta sayısının artmasıyla elde edilecek enterpolasyon polinomunun derecesi de artmaktadır. Buna ilaveten bir de noktalar dışındaki ekstrapolasyon polinomunun, asıl fonksiyonda oluşturacağı sapmalar da göz önünde bulundurulduğunda, polinom enterpolasyonundan başka tekniklere de ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır. Birçok durumda bir diferansiyel denklemin belirli şartlarını sağlayan özel çözüm eğrisini bilmiyoruz ya da analitik yollarla çözülemiyor olabilir. Bu durumda bilinmeyen fonksiyon değerlerini, çözümün var olduğu aralığı parçalara bölerek, her bir parçada ikinci, üçüncü ya da daha yüksek dereceden polinom yaklaşımı yaparak yaklaşık olarak hesap edilir. Her bir aralıkta değişik fonksiyonlarla yaklaşım yapıldığı bu tür enterpolasyona Splayn (Spline) Enterpolasyonu denir. Belirli verilere uyan, bilinmeyen fonksiyonların yaklaşık çözümünde kullanılan Splayn fonksiyonları, parçalı polinomların bir sınıfından olup, bu fonksiyonlar, polinomların süreklilik özelliği taşıyan dizilişleri ile oluşmaktadır (Baş, 2007).

Bu çalışmada splayn yöntemlerinden B-Splayn (BSP), Çok Katmanlı B-Splayn (MBSP), Kübik Splayn (CSP), İnce Levha Splayn (TPSP) kullanılmıştır.

2.4.2. Doğal komşu yöntemi

Bu metod Sibson tarafından 1982 yılında ortaya konmuştur. Yakın Komşu (Nearest Neighbour) ve Düzensiz Üçgensel Ağ (Triangular Irregular Network) metodlarının en önemli özelliklerini kombine etmektedir. Bu metod için ilk adım Delauney Metodu yardımıyla verinin üçgenlenmesi/üçgenlere ayrılmasıdır (Li, 2008).

Doğal komşuluk enterpolasyonu yerel koordinatlara bağlı olmakla beraber enterpolasyon noktasını komşuluktaki gözlemlerle ilişkilendirir (Llyod, 2007).

2.4.3. Uzaklıkla ters orantılı ağırlıklandırma yöntemi

Bu metod örneklenmiş noktalarındaki değerleri, bu noktalardan istenen noktaya olan uzaklığın ters fonksiyonu yardımıyla, örneklenmiş değerlerin bir doğrusal kombinasyonunu kullanarak tahmin etmeye yarar. Varsayım, örneklenmemiş noktaya göreceli olarak daha yakında örneklenmiş noktaların daha uzakta olanlara kıyasla değer bakımından benzer nitelik gösterdikleri yönündedir (Li, 2008)

IDW'nin doğruluğunu/hassaslığını belirleyen temel faktör güç parametresinin aldığı değerlerdir. Mesafe artıp, güç parametresinin aldığı değer büyüdükçe, ağırlıklar azalır (Li, 2008). Dolayısıyla yakın örnekler daha fazla ağırlığa sahip olmakla birlikte, tahmin (varsayım) üstünde de daha fazla etkiye sahiptirler (Li, 2008).

2.4.4. Kriging

Jeoistatistik kelimesi, "Jeo" ve "İstatistik" kelimelerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Fakat jeoistatistik, istatistiğin jeolojiye uyarlaması değildir. Jeoistatistik kavramı 1960'lı yıllarda G. Matheron'un bölgeselleşmiş değişkenler teorisi üzerine yaptığı teorik çalışmaların da jeoloji ve madencilik ile ilgili problemlerin çözümünde kullanılması ile ortaya çıkmıştır (Bayraktar, 2007).

Klasik istatistikte, temel olarak bir gruptan alınan bütün örnekler her zaman rasgele ve birbirlerinden bağımsızdırlar (Bayraktar, 2007). Oysa jeoistatistikte örnekler birbirleriyle uzaysal bir korelasyona sahiptirler (Bayraktar, 2007).

Kriging, bu tekniği ilk geliştiren D.G. Krige isimli Güney Afrikalı bir maden mühendisinden adını almaktadır (İnal ve Yiğit, 2003). Bu teori, 1951'de D.G. Krige'in Güney Afrika altın madenlerinde yaptığı ampirik (deneyimsel) çalışmalarda elde ettiği sonuçlarla onaylanmıştır (Bayraktar, 2007). Kriging konumsal tahmin için kullanılan bir jeoistatistiksel yöntemdir. Bu yöntem, matematiksel jeodezide kollokasyon (sorunun çözümünde izlenen metod) olarak bilinen en iyi doğrusal yansız tahminci (BLUP [best linear unbiased predictor]) ya da en iyi doğrusal yansız hesaplayıcı (BLUE [best linear unbiased estimator]) olarak tanımlanır (İnal ve Yiğit, 2003).

Jeoistatistik metodlar yardımcı bilgi olarak konum koordinatlarını içerdiklerinden ormancılık çalışmalarında

özellikle örnek alanların hesaplamalarında yeni olanaklar sağlamaktadır (Kangas ve Maltamo, 2006). Bu metodlarla karışık modelde olduğu gibi sadece alan içindeki korelasyonları değil, veri içerisinde bulunan otokorelasyonları da hesaba katmak mümkündür (Kangas ve Maltamo, 2006). Kriging metodunda, genellikle örnek alanlar arasındaki otokorelasyonun sadece örnek alanlar arasındaki mesafe ile ilgili olduğu ve mesafe arttıkça azaldığı varsayılır (Kangas ve Maltamo, 2006)

Bu çalışmada kriging yöntemlerinden Normal Kriging (OK) ve Kapsamlı Kriging (UK) yöntemleri kullanılmıştır.

2.5. Çok kriterli karar destek yöntemi

Çalışmada hedeflenen amaçlardan biri olan "objektif kriterlerle harita oluşturmak" için çok kriterli karar destek yöntemlerinden yararlanılması uygun görülmüştür.

ELECTRE, tarım ve orman yönetimi, enerji, çevre ve su yönetimi, finans, askerlik, proje seçimi ve transport gibi bir çok alanda uygulanmaktadır (Okan, 2009). ELECTRE metodlarının temelleri 1965 yılına gitmektedir. Avrupa'nın aktif danışmanlık şirketlerinden biri olan SEMA'da (European Search Engine Marketing Alliance) yürütülen çalışmalara dayanmaktadır. 1965 yılında, SEMA'nın araştırma takımlarından biri firmalarda yeni faaliyetlerin gelişimiyle ilgili kararlara ilişkin problemlerin çözümüne yönelik çok kriterli somut bir çalışmaya odaklanmış ve bu problemin çözümü için çok kriterli genel bir metod olan MARSAN (Méthode d'Analyse, de Recherche, et de Sélection d'Activités Nouvelles) metodu geliştirilmiştir.

ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REALité Elimination/and Choice Expressing the REALity) "Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçme" anlamına gelmektedir. Bugün itibarıyla ELECTRE Metodları; ELECTRE I, ELECTRE IV, ELECTRE IS, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE TRI olarak sınıflandırılmaktadır (Okan, 2009). Farklı durumlarda değişik ELECTRE yöntemleri kullanılabilir. ELECTRE I ve ELECTRE IS seçim problemleriyle ilgili olarak tasarlanmıştır. ELECTRE I üstünlük ilişkisi kavramını kullanan ilk karar destek metodudur. ELECTRE TRI ayırma ya da atama problemleri için oluşturulmuştur. ELECTRE II, III ve ELECTRE IV sıralama problemlerine ilişkindir. ELECTRE IV'de ölçütler için ağırlıklara gerek duyulmadığı görülmektedir (Okan, 2009). Sayılan bu yöntemler

birbirinden küçük farklılıklarla ayrılabilir (Daşdemir, Güngör, 2004). ELECTRE yöntemlerinin arasında bazı küçük farklılıklar olmasına rağmen hepsinin temelinde, alternatiflerin birbirleri ile karşılaştırılması ve üstün olan seçeneğin tercih edilmesi işlemine “Sıralama İşlemi” denir. Sıralama işlemi süresince tüm seçenekler birbirleri ile karşılaştırılarak birbirlerine üstünlük sağlayan seçilmiş olur. Karar verici çok sayıda nicel ve nitel kriteri karar verme sürecine dahil edebilmekte, kriterleri amaçları doğrultusunda ağırlıklandırabilmekte ve bir dizi işlem sonucu en uygun seçimi elde edebilmektedir (Yürekli, 2008).

2.6. Mekansal tahmin haritalarının üretilme yöntemi

Bafra ve Şelale plan ünitelerine ait sayısal amenajman verileri içinden, örnek alan noktalarına ait vektör veri katmanı CBS ortamına aktarılmış ve aynı alanlara ait amenajman özet gövde hacim artım tablosundaki veriler ile birleştirilerek ADK için gerekli noktasal vektör veri katmanları elde edilmiştir. Daha sonra bu veriler SAGA-GIS yazılımında bulunan tahmin yöntemlerinden; B-Splayn, Çok Katmanlı B-Splayn, Kübik Splayn, İnce Levha Splayn, Doğal Komşu, Uzaklıkla Ters Orantılı Ağırlıklandırma, Normal Kriging, Kapsamlı Kriging ADK yöntemleri kullanılarak, türler ve gelişim çağları bazında hektardaki gövde hacmi tahmin haritaları üretilmiştir. Üretilen haritaların geometrik çözünürlüğü 30 metre olarak seçilmiştir.

2.7. Mekansal tahmin haritalarının doğruluklarının belirlenme yöntemi

Tahmin haritalarının hatalarının belirlenmesinde CBS ortamında yapılan tahmin çalışmalarında sıkça kullanılan yöntemlerden biri olan Karesel Ortalama Hata (KOH) kullanılmıştır. KOH, gerçek değer ile tahmin edilen değer arasındaki standart sapmayı belirleyen bir hata belirleme yöntemidir.

Bu çalışmada bir örnek alandaki ölçümler sonucunda hesapla bulunan hektardaki gövde hacmi ile aynı noktada kestirim ile elde edilen gövde hacmi arasındaki fark Karesel Ortalama Hata (KOH) ile belirlenmiştir.

$$KOH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (S_i^{\text{kestirilen}} - S_i^{\text{gerçek}})^2}{N}}$$

kestirilerek hesaplanan gövde hacminin değerini, bilinen veya ölçülmüş gövde hacmi değerini ifade eder. N örnek alanların sayısıdır (García Rodríguez, Giménez Suárez, 2010).

Ancak farklı gelişim çağları ve ağaç türlerindeki gövde hacimlerinin minimum ve maksimum değerleri birbirinden farklı olduğu için, elde edilen KOH değerlerinin yorumlanmasının daha doğru yapılabilmesi için, Yüzde Karesel Ortalama Hata (YKOH) değerleri hesaplanmıştır.

$$YKOH = 100 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (S_i^{\text{kestirilen}} - S_i^{\text{gerçek}})^2 / (S_i^{\text{gerçek}})}{N}}$$

Yüzde Karesel Ortalama Hata hesaplanmasında bir örnek alandaki kestirilen değerlerden (, ölçüm sonucunda hesapla bulunan değerinin farklarının karesi, hesapla bulunan gövde hacmine bölünmüştür. Bu işlem tüm noktalar için yapılarak elde edilen ortalamalar 100 ile çarpılmıştır.

2.8. Meşcere taslak haritaları oluşturma yöntemi

Birden fazla ve tek türden oluşan plan ünitelerine ait verilerden üretilen tahmin haritalarından meşcere taslak haritası oluşturmak amacıyla her bir türe ait haritalar öncelikle kendi içinde işlenmiştir. Bunun için çap sınıfları bazında üretilen haritalar raster hesaplama fonksiyonu kullanarak toplanmış ve tür bazında gövde hacim haritaları gelişim çağlarının karışıma katılma oranları belirlenmiştir. Her türe ait haritalar aynı şekilde elde edildikten sonra, tür bazındaki haritalar da toplama işleminden geçirilerek toplam gövde hacmi haritası ve de türlerin gövde hacmi olarak karışıma katılma oranlarını gösteren haritalar elde edilmiştir. Bu haritalardan objektif kriterlere göre karar verilerek, sonuç haritanın oluşturulması için ELECTRE TRI yöntemi kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Ara değer kestirim yöntemleri ile elde edilen haritalar

Birden fazla türden oluşan Alaçam, Kızlan, Yakakent şefliklerinin birleşimi ile Bafra Plan Ünitesine ait 1.317 adet örnekleme alanına dayanarak yapılan ADK haritalarının hata miktarlarını gösteren YKOH değerleri Tablo 2.'de görülmektedir.

Tek türden oluşan Şelale Plan Ünitesi 463 adet örnek alana dayanarak yapılan ADK haritaları

Şekil 3'de, YKOH değerleri ise Tablo 3'te

sunulmuştur.

ADK yöntemleri ile elde edilen ve ölçülen değerler arasında doğrulukların belirlenmesi amacıyla elde edilen YKOH sonuçlarına göre; BSP yöntemi, Bafra Plan Ünitesindeki Gökmar türünün gelişim çağlarına göre sırasıyla 31,75, 31,81, 32,01, 33,22 YKOH değerleri ile doğruya en yakın sonucu vermiştir. Her iki plan ünitesinde de diğer türlerin hemen hepsinde minimum 31,75'den maksimum 191,75'e kadar değişen YKOH değerleri vermiştir. Bu da BSP yöntemini alana yayılan, ama aynı zamanda yüksek değerlere sahip olan olayları daha iyi tahmin ettiğini göstermektedir. BSP yöntemi 75,08 ortalama YKOH değeri ile yöntemler arası başarı sırasında altıncı olabilmektedir (Şekil 5.1).

Tablo 2. Bafra Plan Ünitesi verilerinin ağaç türü ve gelişim çağlarına göre YKOH (%) değerleri.

Table 2. PRMSE values of tree species based on diameter class at the Bafra Planning Unit.

Ağaç türü	ADK Yöntemleri							
	BSP	Mbsp	CSP	TPSP	IDW	NN	OK	UK
Çk/b	73,27	0,83	74,31	1,08	1,77	9,70	14,02	100,75
Çk/c	58,09	0,74	62,85	0,91	1,39	100,00	12,40	80,20
Çk/d	54,64	0,68	69,82	0,85	1,38	9,64	13,62	85,53
Çk/e	83,71	1,02	88,37	1,33	2,15	11,72	5,05	101,30
Çs/b	114,24	1,96	113,47	2,92	3,18	14,46	14,20	104,72
Çs/c	70,44	1,05	91,17	1,56	1,97	9,25	9,23	74,23
Çs/d	57,43	0,95	71,02	1,34	1,72	8,19	8,46	70,28
Çs/e	55,22	0,69	54,79	0,86	1,14	6,90	36,16	92,03
Çz/b	79,99	0,79	134,46	1,32	2,18	14,93	10,07	79,39
Çz/c	61,59	0,80	109,47	1,11	1,38	12,04	8,80	67,41
Çz/d	43,96	0,80	65,11	0,90	1,27	9,46	3,35	50,57
Çz/e	51,20	0,97	57,07	1,43	1,60	100,00	4,65	53,72
G/b	31,75	1,39	121,76	1,96	2,42	12,95	12,01	104,61
G/c	31,81	1,16	110,40	1,59	2,10	11,86	11,28	86,66
G/d	32,01	0,84	77,94	1,16	1,41	8,87	10,12	66,63
G/e	33,22	0,81	74,08	1,04	1,43	9,83	11,20	72,12
Gn/b	175,42	2,70	181,59	3,69	4,34	18,11	15,30	152,08
Gn/c	59,36	1,77	78,60	2,26	2,51	9,64	8,88	66,92
Gn/d	72,75	1,04	76,24	1,47	2,08	10,69	8,97	83,93
Gn/e	78,11	0,97	83,65	1,35	2,01	10,16	9,95	86,06
Kn/b	191,75	2,12	173,16	2,99	3,96	19,40	14,64	166,17
Kn/c	96,24	1,37	96,89	1,97	2,42	11,54	9,87	87,89
Kn/d	53,32	0,92	68,78	1,35	1,64	8,82	6,90	61,22
Kn/e	65,42	1,00	77,69	1,39	1,89	10,95	7,54	75,57
M/b	163,42	3,37	157,13	4,55	5,18	21,83	19,37	146,45
M/c	65,75	1,84	104,14	2,31	2,60	9,19	12,57	34,03
M/d	72,02	2,62	76,16	2,93	3,52	10,36	11,89	82,64
M/e	84,50	1,31	89,60	1,80	2,54	11,75	13,28	90,14
Dy/b	80,45	2,21	96,89	2,73	3,03	15,55	10,50	77,09
Dy/c	68,34	1,09	80,94	1,47	1,93	12,33	9,95	76,10
Dy/d	79,74	1,15	88,79	1,47	2,23	19,10	13,76	88,13
Dy/e	61,49	0,83	79,13	1,00	1,45	22,91	20,56	78,77

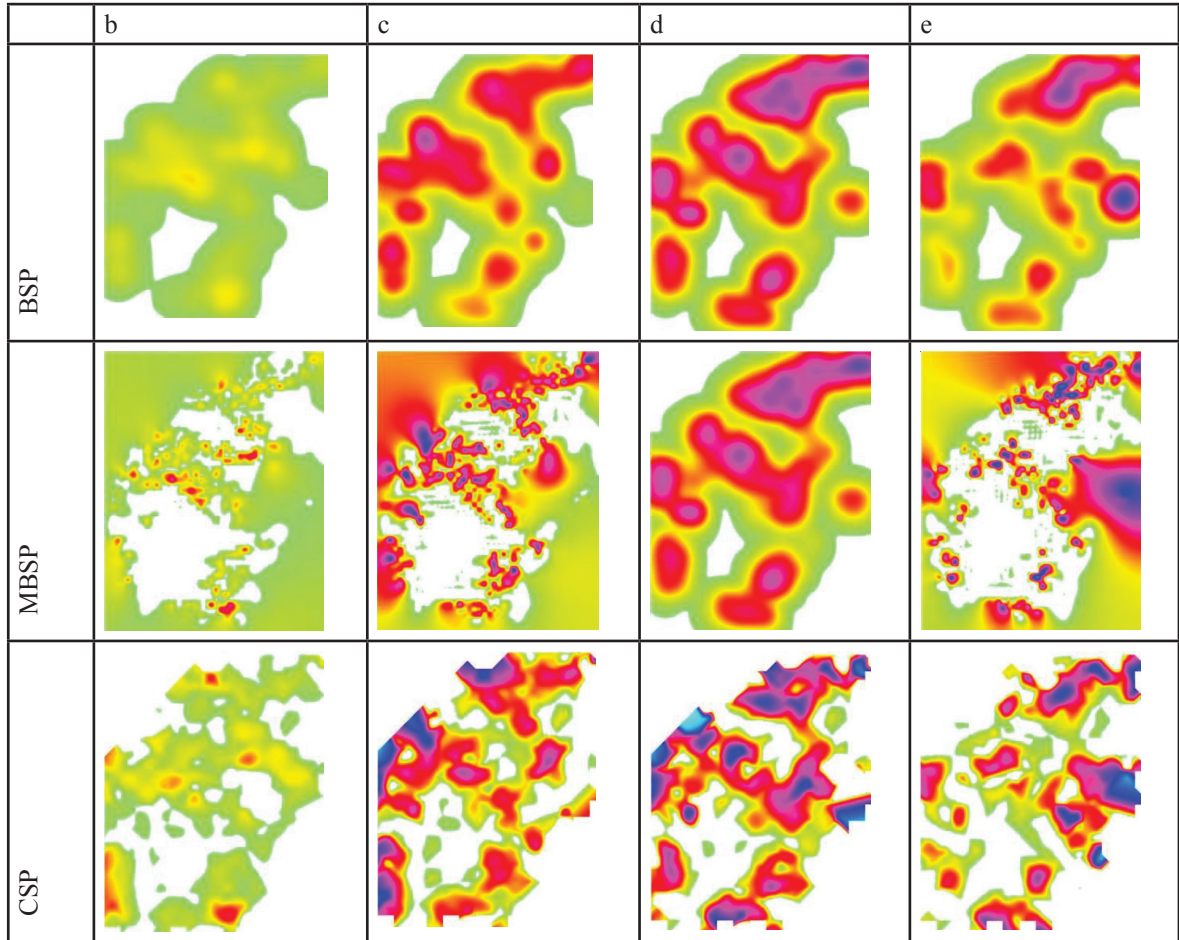
Tablo 3. Şelale Plan Ünitesi verilerinin ağaç türü ve gelişim çağına göre YKOH (%) değerleri
Table 3. PRMSE values of tree species based on diameter class at the Şelale Planning Unit.

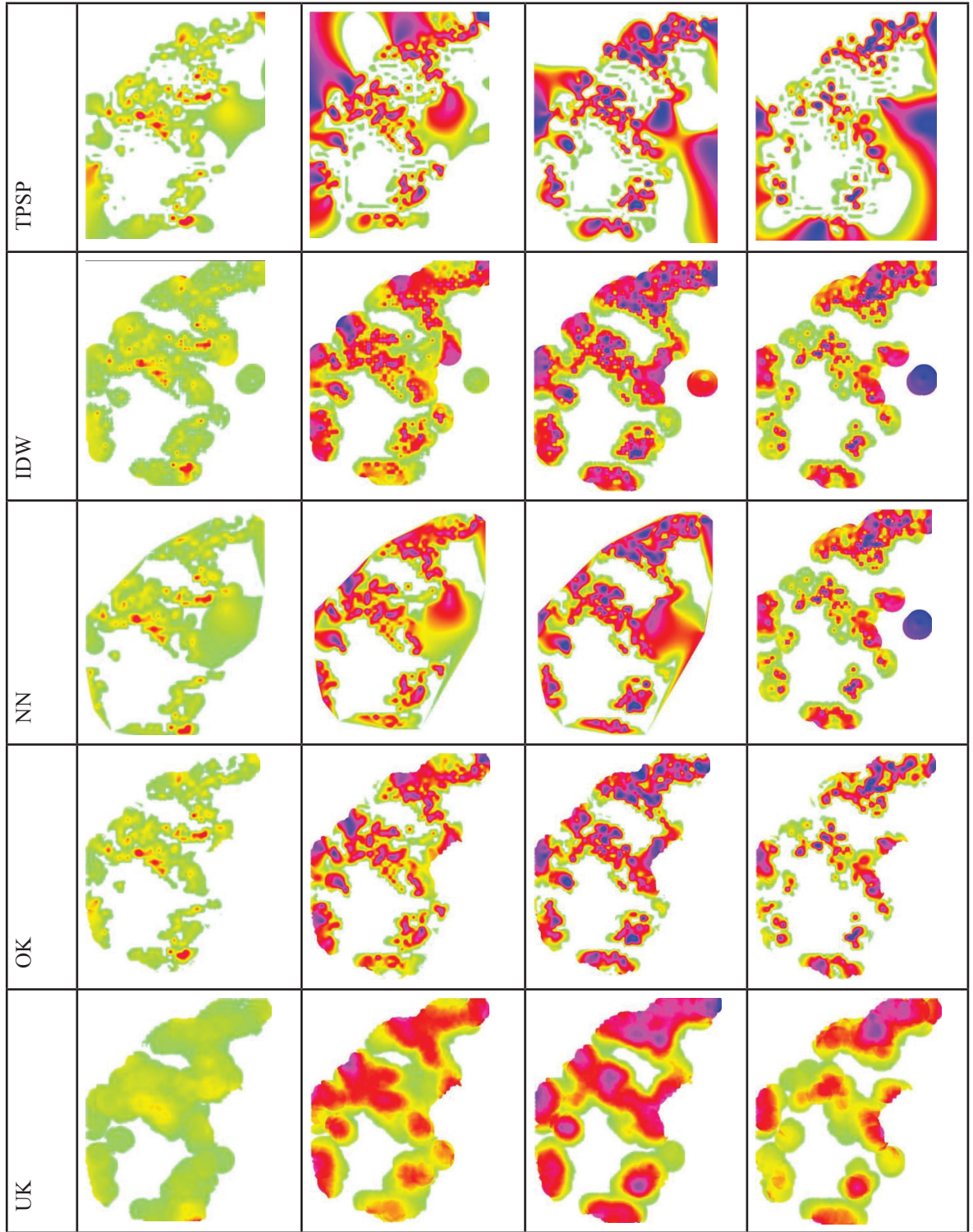
ADK Yöntemleri	Ağaç Türü / Gelişim Çağı			
	Çz/b	Çz/c	Çz/d	Çz/e
BSP	95,81	96,53	57,01	52,99
MBSP	1,62	1,76	1,08	1,06
CSP	189,54	96,63	59,35	55,29
TPSP	2,49	2,69	1,64	1,59
IDW	3,13	3,50	2,00	1,95
NN	9,94	10,80	7,13	6,85
OK	9,52	9,93	6,53	7,16
UK	83,62	81,20	50,66	53,58

MBSP yöntemi, tüm türlerde en düşük 0,68 değeri ile en yüksek 3,37 değerine kadar YKOH değerine sahip ve ortalama YKOH değeri 1,31 ile yöntemler arasında en iyi sonucu veren yöntem olmuştur (Tablo 4). MBSP yöntemi alan dışında istenmeyen levha oluşumu göstermesine karşın, doğruya en yakın tahmin

yapabilen yöntem olduğu belirlenmiştir.

CSP yöntemi, en düşük ortalama YKOH değeri 54,79 gibi yüksek bir değerle Bafra Plan Ünitesinde Sarıçamın “e” çağında belirlenmiştir. En yüksek ise 189,54 değeri ile Şelale Plan Ünitesinde devam ediyor.





Şekil 3. Tek türden oluşan plan ünitesi tahmin haritaları
Figure 3. Prediction maps of Şelale Planning Unit

Kızılçamın “b” çağında vermiştir. Yöntemler arasındaki ortalama YKOH değerlerine göre yapılan başarı sıralamasında sonuncu olmuştur. Sonuç itibarıyla YKOH değerlerinin bir hayli yüksek olması ve CSP yönteminin keskin kenarlar oluşturmasıyla da kullanımının uygun olmayacağı kanaati hakim olmuştur.

TPSP yöntemi, ortalama YKOH değeri 1,79 ile en iyi sonuç veren üç yöntem arasında ikinci olan ve hemen hemen bütün türlerde doğruya en yakın sonuçları veren bir diğer splayn yöntemi olmuştur. İklim olayları tahmininde de kullanılan yöntem, burada da başarılı bir sonuç vermiştir.

IDW yönteminde, ortalama YKOH değeri 2,29 ile en iyi sonuç veren üç yöntem içerisinde üçüncü olarak başarılı bir sonuç elde edilmiştir (Tablo 4). IDW yöntemi, doğruya en yakın sonucu Bafra Plan Ünitesindeki Sarıçam türünde “e” gelişim çağında 1,14 ile en küçük YKOH değerini vermiştir. Doğrudan en uzak sonucu Bafra Plan Ünitesindeki Meşe türünün “b” gelişim çağının ADK’si 5,18 YKOH değeri ile vermiştir.

NN yöntemi ortalama YKOH değeri 16,86 ile yöntemler içerisinde başarı sıralamasında beşinci olabilmıştır (Tablo 4). NN yöntemi, doğruya en yakın sonucu Şelale Plan Ünitesindeki Kızılçam türünün “e” gelişim çağında 6,85 değerleri ile vermiştir. Doğrudan en uzak sonucu ise 100,00 ile, Bafra Plan Ünitesindeki Karaçam’ın “c” ve Kızılçamın “e” gelişim çağlarında vermiştir. Dolayısıyla, NN yönteminin kesintisiz komşuluklarda iyi sonuç verdiği ortaya çıkmaktadır.

OK yöntemi, doğruya en yakın sonucu 3,35 YKOH değeri ile Bafra Plan Ünitesindeki Kızılçam’ın “d” gelişim çağında vermiştir. Doğrudan en uzak sonuç ise, 36,16 YKOH değeri ile Bafra Plan Ünitesindeki Sarıçam’ın “e” gelişim çağında oluşmuştur. Şelale Plan Ünitesindeki Kızılçam türündeki gelişim çağlarının YKOH değerleri 10,00’un altındadır. 11,44 değeri ile ortalama YKOH değerine sahip OK yöntemi, yöntemler içindeki başarı sıralamasında dördüncü olarak yer almıştır.

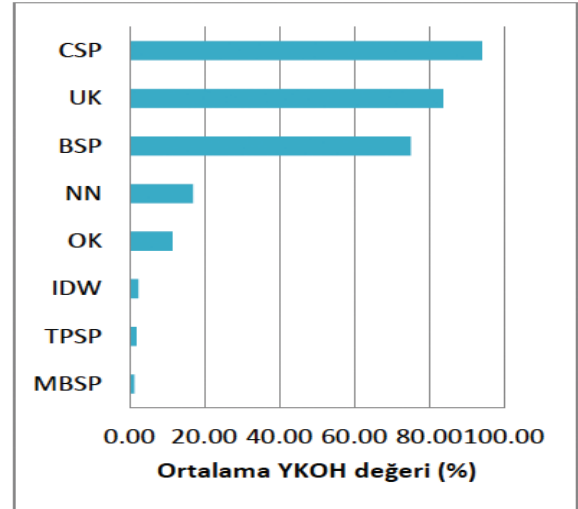
UK yöntemi, en küçük YKOH değeri 34,03 en yüksek YKOH değeri 166,17 ve ortalama YKOH değerleri 83,68 ile yöntemler arasında başarı sıralamasında yedinci olmuştur (Tablo 4). Ancak çalışma kapsamında tüm yöntemler sadece yazılımın varsayılan değerleri ile sınanabildiği için, bu yöntemin ayrı bir çalışma ile değişkenleriyle farklı kombinasyonları deneyerek ve/veya ek değişkenler ile birlikte kullanılarak saptanması yerinde olacaktır.

Tablo 4. ADK yöntemlerine göre Plan Ünitelerinin YKOH (%) değerleri

Table 4. PRMSE values of planning units based on spatial prediction methods.

	Ortalama YKOH	Minimum YKOH	Maksimum YKOH
BSP	75,08	31,75	191,75
MBSP	1,31	0,68	3,37
CSP	94,06	54,79	189,54
TPSP	1,79	0,85	4,55
IDW	2,29	1,14	5,18
NN	16,86	6,85	100,00
OK	11,44	3,35	36,16
UK	83,68	34,03	166,17

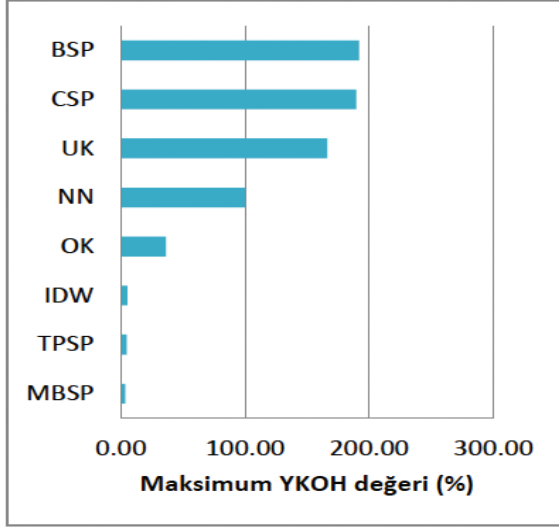
Ortalama YKOH değerlerini esas alarak yöntemleri en düşükten en yüksek olana göre sıralaması şu şekildedir (Şekil 4);



Şekil 4. Ortalama YKOH değerleri (Bafra ve Şelale Plan Üniteleri)

Figure 4. Average PRMSE values of planning units based on spatial prediction methods.

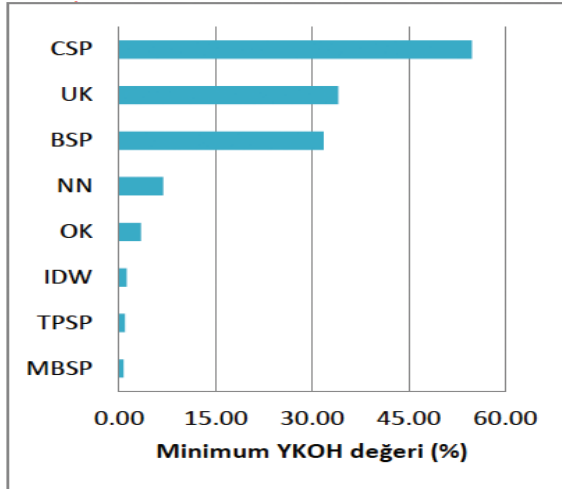
MBSP<TPSP<IDW<OK<NN<BSP<UK<CSP Maksimum YKOH değerlerini esas alarak yöntemleri en düşükten en yüksek olana göre sıralaması ise şu şekildedir (Şekil 5); MBSP<TPSP<IDW<OK<NN<UK<CSP<BSP



Şekil 5. Maksimum YKOH değeri (Bafra ve Şelale Plan Üniteleri)

Figure 5. Maximum PRMSE values of planning units based on spatial prediction methods.

Yöntemleri minimum YKOH değerlerine göre en düşükten en yüksek olana doğru sıralanması şu şekildedir; MBSP<TPSP<IDW<OK<NN<BSP<UK<CSP (Şekil 6).



Şekil 6. Minimum YKOH değerleri (Bafra ve Şelale Plan Üniteleri)

Figure 6. Minimum PRMSE values of planning units based on spatial prediction methods.

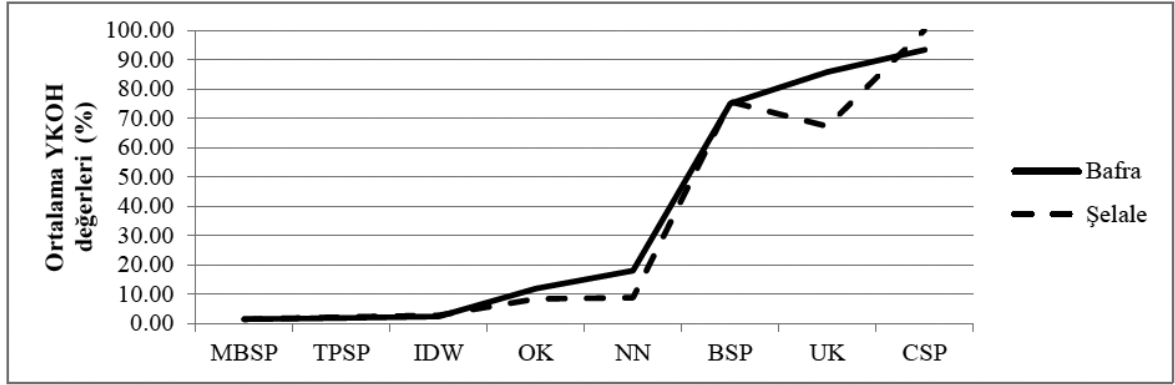
Bafra Plan Üniteleri ve Şelale Plan Ünitelerinin ADK yöntemleriyle üretilen haritalar birden fazla

ve tek türden oluşan plan üniteleri sonuçlarının karşılaştırılması açısından önem arzemesi sebebiyle oluşturulmuştur. Tek türden oluşan Şelale Plan Üniteleri ile üretilen ADK haritalarında, birden fazla türden oluşan Bafra Plan Üniteleri ADK haritalarına göre, hemen hemen tüm yöntemlerde görülen kopuk alanlar oluşmamakta, yumuşak geçişler ve kesintisiz alanlar görülmektedir. Bu açıdan ADK yöntemleriyle üretilen birden fazla türden oluşan Bafra Plan Ünitelerine göre tek türden oluşan Şelale Plan Üniteleri haritalarının daha gerçekçi ve anlaşılır görünmesine rağmen, OK ve NN yöntemleri haricinde doğruluk açısından bir üstünlüğü olmadığı saptanmıştır (Şekil.7).

Tablo 5. ADK yöntemlerinin Plan Ünitelerine göre ortalama YKOH (%) değerleri

Table 5. Average PRMSE values of planning units based on spatial prediction methods.

ADK Yöntemleri	Plan Üniteleri	
	Bafra	Şelale
BSP	75,02	75,59
MBSP	1,31	1,38
CSP	93,30	100,20
TPSP	1,75	2,10
IDW	2,24	2,64
NN	17,88	8,68
OK	11,83	8,28
UK	85,73	67,26



Şekil 7. Her iki plan ünitesi ortalama YKOH değerleri karşılaştırması

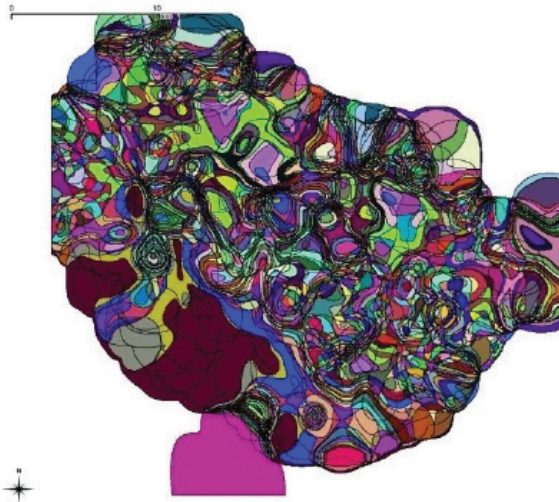
Figure 7. Average PRMSE values of planning units based on spatial prediction methods.

3.2. Meşçere taslak haritalarının oluşturulmasıyla ilgili bulgular

Elde edilen meşçere taslak haritalarından birden çok türün olduğu Bafra Plan Ünitesine ait haritada çok fazla meşçere tipleri kombinasyonu oluşması nedeniyle, çok küçük alanlar içeren 13.916 adet poligon oluşmuştur (Şekil 8). Bu küçük alanlar sorununu çözmek için taslak haritalar üzerinde genelleştirme işlemi uygulanmış ve 2 hektardan küçük alanlar, içinde buldukları büyük alana dahil edilmişlerdir. Böylece poligon sayısı 1.389 adete düşmüştür (Şekil 9). Tek türün bulunduğu Şelale

Plan Ünitesine ait haritada ise bu kadar küçük alan ve farklı meşçere tipi oluşmamıştır.

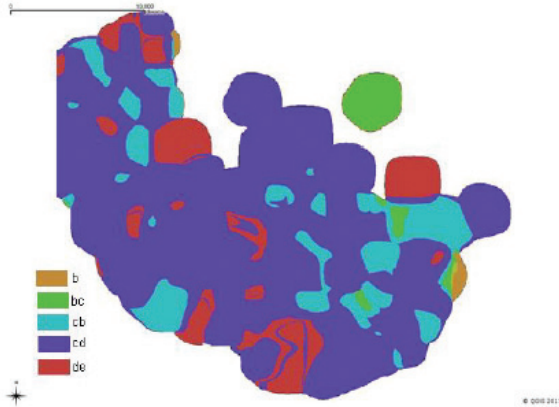
ADK haritaları ile elde edilen meşçere taslak haritasından nihai meşçere haritası oluşturmak için Qgis yazılımında yer alan “ELECTRE TRI” eklentisi kullanılmıştır (Şekil 4.30-4.31). Ancak tüm türler ve gelişim çağlarından oluşan haritada çok fazla kombinasyon oluşması ve bunlardan meşçere tipleri belirlemenin uzmanlık gerektirmesi nedeniyle sadece tek türe ait meşçere taslak haritası işlenmiş ve türün gelişim çağlarına dağılımını gösteren harita oluşturulmuştur. Böylece planlamaya çok kriterli karar vermeye bir fırsat oluşturulmuştur (Şekil 10).



Şekil 8. Türlerin gelişim çağları bazındaki haritalarının çakıştırılmasıyla oluşan meşçere taslak haritası
Figure 8. Stand draft map produced with overlaying species-diameter-class based maps.



Şekil 9. Meşçere taslak haritasındaki 2 ha'dan küçük alanların genelleştirilmesi ile oluşan harita
Figure 9. Map produced with generalizing stand draft map according to greater than 2 ha area.



Şekil 10. ELECTRE TRI yöntemiyle oluşturulan Göknar türüne ait gelişim çağlarının sınıflandırılmış haritası

Figure 10. Map produced with ELECTRE TRI method for fir species.

Çalışma alanına ait gövde hacmi verilerinin ADK yöntemleriyle oluşturulan haritalarının birleştirilmesi sonucu oluşan meşcere tiplerinin çeşitliliğini azaltmak için öncelikle genelleştirme yapılmıştır. Ardından ELECTRE TRI yöntemi kullanılarak meşcere gövde hacim miktarlarının çok kriterli karar destek yöntemleriyle seçilmeleri sonucu gövde hacmi verilerinden yararlanarak objektif meşcere taslak haritaları oluşturulmuştur.

4. Sonuç

Bu çalışma ile amenajman haritalarının yapımında CBS'nin mekansal analiz yeteneklerinden olan mekansal ADK yöntemleri kullanımının çalışmalara neler katabileceği araştırılmıştır. Orman planlama amacıyla arazide ölçülen meşcere parametrelerinden hesaplanan hektardaki gövde hacmi verisinin, sekiz farklı ADK yöntemi ile CBS ortamında tahmin haritaların oluşturulmasına ve bu haritaların doğruluklarının karşılaştırılmasına dayanmaktadır.

Son yıllarda ormancılık çalışmalarında bilgisayarın kullanılmaya başlanmasıyla işlerin daha kolay, daha gerçekçi, daha ekonomik ve hızlı yapılmasına olanak sağlayan bir süreç başlamıştır. Ormancılık teknik çalışanları orman amenajmanı gibi oldukça zahmetli ve önemli bir görevi yerine getirmede de bu süreçten yararlanmaktadır. 2004 yılından beri amenajman haritaları bilgisayar ortamında coğrafi bilgi sistemleri ile üretilmektedir. Bu önemli

bir adım olmakla birlikte henüz CBS'nin mekansal analiz yeteneklerinden yararlanılmamakta, bilgisayar ortamında da olsa, genellikle haritaların klasik yöntemle göre yapılması şeklinde uygulanmaktadır.

Çalışmada çok çeşitli ADK yöntemlerinden yaygın kullanılan sekiz tanesi kullanılmıştır. Bu yöntemlerin kendi içinde parametreleri değiştirilerek farklı sonuçlar elde etmek olanaklıdır. Ancak bu konuda ülkemizde bir ilk olacak çalışma kapsamında sekiz yöntemin kullanılan CBS yazılımının varsayılan parametre değerleri ile kullanımı yeterli görülmüştür.

Çalışmada kullanılan ADK yöntemlerinden bazılarında "sürekli yüzey raster veri" şeklindeki ek değişkenler (uydu görüntülerinden elde edilen bitki örtüsü spektral yansıma değerleri ve bitki indisleri, sayısal yükseklik modelinden elde edilen eğim, bakı, nemlilik indisi, drenaj ağı v.b.) kullanılabildiği halde, bunun çalışma kapsamını arttıracak için benimsenmemiştir. ADK yöntemleri haricinde regresyon, coğrafi ağırlıklandırılmış regresyon ve "k en yakın komşu" gibi ek değişkenlerle ilişkili olarak tahmin haritaları da üretmek olanaklıdır (Tuominen ve diğ., 2003).

Çalışmada kullanılan meşcere parametrelerinden hektardaki gövde hacmi verisi ADK yöntemlerinin sıranması için çekinceler içermekle birlikte, gerek ülkemizdeki orman amenajmanı çalışmalarında gövde hacmi üzerinden meşcere tiplerinin belirlenmesi, gerekse sonuçların neler olacağını ortaya konması için seçilmiştir. Hektardaki gövde hacmi gibi insan müdahalesiyle bazı bölgelerde orman yapısının küçük alanlar halinde değiştirilmesiyle, tahmini zorlaşabilecek bir değişken yerine, toprak özellikleri, yetişme ortamı özellikleri gibi insan müdahalesiyle kolay ve hızlı değiştirilemeyen özelliklerin tahmini çok daha kolay ve doğru olabilecektir. Ancak ülkemiz ormancılık çalışmalarında arazide toplanan bu parametreler ile ilgili haritaların henüz kullanılmaması nedeniyle ve çalışma kapsamını da genişleteceği için tercih edilmemiştir.

Çalışmada tahmin ile üretilen haritaların doğruluğu arazide ölçüm yapılan deneme alanındaki veriden hesaplanan hektardaki gövde hacim değeri ile ADK yöntemleri kullanılarak tahmin edilen değerin karşılaştırılması ile saptanmıştır. Bunun, daha fazla örnek alanı kullanılarak bazı noktaların sadece kontrol amacıyla kullanılması veya yersel olarak kontrol edilmesi daha sağlıklı olacaktır.

Böylece Orman Amenajmanı planlama amaçlı "meşcere taslak haritaları"nın orman işletmesinin teknik, ekonomik, ekolojik ve sosyo-kültürel

amaçlarının gerçekleştirilmesi amacıyla kesinleşmiş “Meşçere Tipleri” haritasına dönüştürülebilecektir. Ancak, planlamada rasyonel davranabilmek için, sözü edilen “meşçere tipleri” haritasının içeriği ve ayrıntıları, aynı haritanın içerdiği hata payı, faydalanılacak orman kaynağının, işletme ve ekosistem sürekliliğini kesintiye uğratmayacak düzeyde olması gereklidir.

Bu çalışma ile genel olarak; daha önce ülkemizde Orman Amenajmanı çalışmalarında kullanılmamış tahmin haritaları oluşturduğu, karşılaştırma amacıyla seçilen tek türden oluşan ve birden fazla türden oluşan plan üniteleri tahmininde doğruluk açısından anlamlı bir fark olmadığı, kullanılan yöntemlerden MBSP, TPSP ve IDW'nin %10'un altında ortalama YKOH tahmin hatası gösterdiği, bu yöntemlerin kendi parametreleri ve ek değişkenleri ile denenmesinin yararlı olacağı, elde edilen tahmin haritalarından karar vermek için CBS ortamında karar destek yöntemleri ile daha objektif ve bilimsel değerlendirilebileceği, belirtilmiştir.

Sonuç olarak; zor bir süreç olan orman amenajmanı haritalarının yapımında CBS'nin mekansal analiz yeteneklerinden yararlanmanın daha objektif ve bilimsel sonuçlar vereceği kanısına varılmıştır.

References

- Alaçam, Kızlan, Yakakent, Şelale Orman İşletme Şefliği Fonksiyonel Orman Amenajman Planları (2010).**
- Baş, F., 2007.** Spline Fonksiyonları ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bayraktar, B., 2007.** Zemin Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Mesafenin Tersine ve Kriging Yöntemleriyle Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Daşdemir, İ. and E. Güngör, 2004.** Çok Boyutlu Karar Verme Metotları Ve Ormancılıkta Uygulama Alanları, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, I-II, 1-19.
- Fencík, R. and M. Vajsábllová, 2006.** Parameters Of Interpolation Methods Of Creation Of Digital Model Of Landscape, Poster presented at the 9th AGILE Conference on Geographic Information Science, Visegrád, Hungary.
- Goovaerts, P., 1998.** Geostatistics In Soil Science: State Of The Art and Perspectives Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Michigan, Ann Arbor, USA, MI 48109-2125.
- Hengl, T., 2007.** A Practical Guide to Geostatistical Mapping of Environmental Variables, European Communities, İtalya, 1-2-3.
- Hutchinson, M. F., 1998.** Interpolation of Rainfall Data With Thin Plate Smoothing Splines - Part I: Two Dimensional Smoothing of Data with Short Range Correlation Journal of Geographic Information and Decision Analysis.
- İnal, C., and C. Ö. Yiğit, 2003.** Jeodezik Uygulamalarda Kriging Enterpolasyon Yönteminin Kullanılabilirliği, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, Konya, 177-185.
- Kangas, A. and M. Maltamo, 2006.** Forest Inventory Methodology and Applications, Springer, Hollanda, 113-173.
- Li, J., HEAP, A.D., 2008.** Spatial Interpolation Methods, A Review Of Spatial Interpolation Methods For Environmental Scientists, Commonwealth of Australia, Avustralya, 5-137.
- Lloyd, C.D., 2007.** Local Models for Spatial Analysis, CRC Press.
- Okan, T., 2009.** Orman Endüstri Sektörünün Yapısı ve Kalkınmaya Katkısının Geliştirilmesi Önlemleri (Levha Sektörü Örneği), Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, D. and F. Batuk, 2010.** Meteorolojik Verilerin CBS ve Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz Yöntemleriyle Konumsal Enterpolasyonu, Uluslararası Katılımlı I. Meteoroloji Sempozyumu, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, 27-28 Mayıs 2010, Ankara.
- Quantum GIS Development Team, 2011.** Quantum GIS Geographic Information System, Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.
- SAGA.ORG-1,** Introduction, <http://www.saga-gis.org/en/index.html>, [Ziyaret Tarihi: 10.02.2011].
- SAGA.ORG-2,** Modules, <http://www.saga-gis.org/en/index.html>, [Ziyaret Tarihi: 15.02.2011].
- Tang, D. and Bian F., 2009.** Forest Site Evaluation Based on GIS and Kriging, The 1st International Conference on Information Science and Engineering (ICISE2009), 2063 P. R. China, 430079.
- Taş, S., S. Cengiz, T. Kocaman and C. Ün, 2009.** Bakanlıklar Arası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu(BHIKPK) I. Sempozyumu,

- 2009 Ankara, <http://fotogrametri.ogm.gov.tr/sunular/cbs.pdf> [Ziyaret Tarihi: 01.Mart.2011].
- Tuominen, S., S. Fish, and S. Paso, 2003.** Combining Remote Sensing, Data From Earlier Inventories, And Geostatistical Interpolation In Multisource Forest Inventory, *Canadian Journal of Forest Research*, 33, 624–634
- Yanalak M., 1997.** Sayısal Arazi Modellerinde Hacim Hesaplarında En Uygun Enterpolasyon Yönteminin Araştırılması, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yürekli H., 2008.** Taaruz Helikopterlerinin Seçiminde Electre Yönteminin Kullanılması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.