

ALANSAL DAĞILIM ÖZELLİĞİ GÖSTEREN İKLİM PARAMETRELERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ VE KULLANIM ALANLARI; GENEL BİR BAKIŞ

Mustafa GÜLER

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun

Tekin KARA

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun

Sorumlu yazar: tekinkar@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 15.12.2006

Kabul Tarihi: 23.10.2007

ÖZET: Günümüzde hidroloji, tarım, ekoloji, orman yönetimi, meteoroloji vb. birçok farklı disiplinde yürütülen çalışmalarda değişik iklim parametreleri kullanılmaktadır. Doğru iklimsel veriler ancak noktasal olarak, meteoroloji gözlem istasyonlarının bulunduğu yerlerden elde edilebilmektedir. Oysaki birçok çalışmada alansal dağılım özelliği gösteren iklim parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden günümüzde, noktasal gözlem değerlerinden faydalanarak alansal dağılım özelliği gösteren iklim veri katmanlarının üretilmesine yönelik ihtiyaç ve ilgi giderek artış göstermektedir. Konumsal veri tabanı uygulamalarının vazgeçilmez bir parçası olan Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) iklim çalışmalarında kullanılması kaçınılmaz bir hal almıştır. Bu çalışmada, giderek artan talepler karşısında alansal dağılım özelliği gösteren iklim veri katmanlarının CBS kapsamında üretilmesine ve kullanım imkanlarına genel bir bakış getirilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: CBS, Enterpolasyon, İklim, Alansal dağılım

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM APPROACHES FOR INCORPORATING CLIMATOLOGICAL PARAMETERS INTO THE SPATIAL INTERPOLATION OF LAND BASED AREAS: A GENERAL VIEW

ABSTRACT: Several climatic parameters have been widely used in studies conducted by quite diverse disciplines (hydrology, agriculture, ecology, forest management, meteorology etc). Reliable climatic data can only be obtained from meteorological observation centers located in a specific location. However, climatic parameters which show subjective distribution of the climatic data are needed in many studies. Therefore, need to obtain subjectively distributed climatic parameters using point based climatic parameters is continuously increasing. The use of Geographic Information System (GIS) in climatic studies is essential. In this study, the generation of subjectively distributed climatic data layers and utilization potentials were broadly investigated.

Key Words: Climate, GIS, Interpolation, Spatial Distribution

1. GİRİŞ

Agronomik modellerde; toprak, topografya, iklim, idari sınırlar, su yüzeyleri, jeoloji, nem rejimi, sulanabilir alanlar, arazi kullanımı/arazi örtüsü, ormanlık alanlar, üretim sistemi, bitki istekleri, nüfus vb. veri katmanlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Nerrain ve Koruluk, 1999). Bütün bu veriler içerisinde iklim verileri, tarımsal üretimi belirleyen en temel faktörlerdendir. Çok değişik ölçeklerdeki geniş bir problemler zincirinde iklim verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Peter ve ark. (2000) birçok açıdan agronomik modellerde iklim verilerine ihtiyaç duyulduğunu vurgulamış ve karşılaşılan sorunları şu şekilde sıralamıştır;

1. İyi kalitede yüksek çözünürlüklü gözlem değerlerinin olmayışı. Birçok bölgede gözlemler ya oldukça seyrek aralıklarla yapılmakta ya da kullanıma hazır değildir.
2. Veri tabanlarında sınırlı düzeyde iklimsel verilerin yer alması
3. Enterpolasyon işlemlerindeki zorluklar. Bunun sonucunda da analizler sadece gözlemlerin yapıldığı noktalar ile ilgili yapılabilmektedir.

4. Veri tabanlarında mevcut olan verilerin birçok çalışmada kullanılabilir şekilde zamansal ve konumsal çözünürlüğe sahip olmayışı.

Özellikle tarımsal uygulamaların etkinliğinin artırılması, değişik modelleme çalışmalarının yapılabilirliği ve sonuçların güvenilir olması açısından yüksek çözünürlükte, alansal dağılım özelliği gösteren ve güncel iklim veri katmanlarına ihtiyaç vardır.

İklimsel faktörler özellikle kompleks topografyaya sahip alanlarda çok kısa mesafelerde değişiklik göstermekte ve birçok harici faktörden (bitki örtüsü, su yüzeyi, yöney, yükseklik, enlem, boylam vb.) etkilenmektedir. Gerçekte değişik faktörlerden dolayı bu kadar değişkenlik gösteren iklim parametrelerinin çok sık dağıtılmış meteoroloji istasyon ağları ile gözlemlenmesi gerekmektedir. Fakat günümüzde ekonomik nedenlerden dolayı bu mümkün olmadığından farklı alternatifler üzerinde durulmaktadır. Bu alternatiflerden biriside noktasal olarak ölçülen gözlem değerlerini kullanarak alansal dağılım özelliği gösteren iklim veri katmanlarının modellenmesidir (Daly ve ark., 1994).

Bu çalışma, alansal dağılım özelliği gösteren meteoroloji verilerinin günümüzde kullanım alanlarına

genel bir bakış getirilerek başlamaktadır. Yaygın olarak kullanım alanları ve örnek uygulamalardan söz edildikten sonra bu iklim verilerinin elde edilmesinde kullanılan yaklaşımlar incelenecektir. Değişik yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar ele alınarak karşılaştırma sonuçları ve önerilere yer verilecektir.

2. ALANSAL DAĞILIM ÖZELLİĞİ GÖSTEREN İKLİM VERİLERİNİN KULLANIM ALANLARI

CBS kapsamında hidrolojik, ekolojik ve doğal kaynak modellerinin uygulanmasına imkan tanıyan bilgisayar teknolojisinin gelişmesine paralel olarak dijital formattaki alansal iklim veri setlerine olan talep önemli bir şekilde artış göstermiştir (Daly ve ark., 2002).

İklim parametrelerinin enterpole edilmiş sonuçları (konumsal özellik gösteren iklim verileri), birçok değişik çalışmada kullanılmıştır. Bunlar arasında ekolojik modelleme (Box ve ark., 1993; Gignac ve ark., 1991; Lindenmayer ve ark., 1991), hidroloji (Schneider ve ark., 1997), epidemioloji (Lindsay ve ark., 1998), tarım (Hill ve ark., 1996) ve iklim araştırmaları (Klein ve Dai, 1998) vardır.

Bu bölümde alansal dağılım özelliği gösteren iklim veri setlerinin kullanıldığı bir çok alandan bazıları ele alınmıştır.

2.1. Tarım

İklim haritaları, toprak, su stresi, verimlilik, tahmin edilen üretim miktarı gibi birçok değişik veri seti CBS kapsamında değerlendirilebilmektedir. Soderstrom ve Magnusson (1995)'un İsveç'in güney doğusundaki bir alanda agroklimatik değerlendirme yaptığı çalışma ilk örneklerdendir. Çalışmada network analiz modülü ile modellenen soğuk hava koridorları ve sayısal yükseklik modelinin (Digital elevation model, DEM) kullanılması ile radyasyon mozaikleri oluşturulmuştur. Radyasyon katmanı ve kriging ile üretilmiş sıcaklık verileri, sonuç haritaların üretilmesi amacıyla CBS kapsamında birleştirilmiştir.

İklim parametreleri kullanılarak yapılan çalışmalardan bir tanesi de Agroekolojik zonlama çalışmalarıdır. Genel anlamda iki farklı yaklaşım kullanılmaktadır. Birincisi bitkisel üretim açısından ikincisi ise bitki bazında potansiyellerin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalardır.

Genel bitkisel üretim potansiyelini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmalara FAO'nun (Food and Agriculture Organization) Bangladeş'te yaptığı zonlama çalışması örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada toprak, topografya, mevcut üretim deseni, hidrolojik verilerin yanı sıra alansal dağılım özelliği gösteren iklim verilerinden yararlanılarak bitkisel üretime elverişlilik düzeylerine göre zonlar belirlenmiştir (FAO ve BARC, 1998).

McKenny ve ark. (2001) Kanada'da iklim özellikleri açısından bitkisel üretime elverişli bölgeleri belirlemek amacıyla iklimsel değişiklikleri modellemiş ve yöntem olarak ta spline enterpolasyon yöntemini kullanmıştır. Enlem, boylam ve yükseklik verilerini kullanarak sıcaklık ve yağış değerleri için 1

km hücre boyutunda veri katmanları üretmiş ve sonuçta bitkisel üretime elverişlilik haritalarını yine 1 km hücre boyutunda elde etmişlerdir.

Benzer şekilde Hindistan (Pariyar ve Singh, 1995), Nepal (Bhan ve ark., 1997), Peru (Quiroz ve ark., 1999), Hindistan'ın Malin Havzası (Patel ve ark., 2000) ve Samsun'da (Güler, 2003) yapılan zonlama çalışmaları örnek olarak verilebilir.

Bitki bazında yapılan zonlama çalışmalarına ise Güler ve ark. (2005)'in Orta Karadeniz bölgesinde potansiyel kanola üretim alanlarının belirlenmesine yönelik yaptıkları zonlama çalışması örnek olarak verilebilir. Çalışmada kanola bitkisinin ihtiyaç duyduğu toprak ve topografya özellikleri yanı sıra alansal dağılım özelliği gösteren iklim verilerinden yararlanılmıştır.

Jones ve ark. (1997) iklim özellikleri bakımından fasulye bitkisine uygun alanları modellemek amacıyla enlem, boylam, yükseklik, uzun yıllar ortalama aylık yağış ve sıcaklık değerlerini kullanmıştır.

Kostarika'da Şeker kamışı (Rojas ve Eldin, 1983), Güneydoğu Selangorda Kauçuk, çeltik ve kakao (Loh ve ark., 1998), Arjantin'de Patates (Caldiz ve ark., 2001), Azerbaycan'da Badem (Yazdanpanah, 2001), Meksika'da yulaf (Silva ve Blanco, 2003) ve Samsun'da kurufasulye (Kara ve Güler, 2003) yetiştiriciliği için potansiyel üretim alanlarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar diğer örneklerdir.

Sıcaklık ve kuraklık eşiklerinin dikkate alınması ile birçok bitki için agroklimatik modeller uygulanabilmektedir. Örneğin Menkir ve ark. (2000) Orta ve Batı Afrika'da Mısır yetiştiriciliği yapılabilecek 4 potansiyel akroekolojik zon belirlemiştir.

Bitkilerin potansiyel üretim alanlarını belirlemek amacıyla kullanılan iklim parametreleri bitki simülasyon modelleri yardımıyla verim tahminlerinin yapılmasında da kullanılabilir (Priya ve Shibaski, 2001; Kravchenko ve ark., 2000). Özellikle bitkiler kuraklık (Lourens ve deJager, 1997), yüksek sıcaklık (Yajima, 1996) ve hastalık (Hijmans ve ark., 2000) gibi uzun süreli stresler altında kaldığı zaman, verim tahminlerinde fizyolojik modeller daha kullanışlıdır. Tarımsal kirlilik ve su stresi konularında da CBS ve iklim parametreleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Benjamin ve ark. (1997) biomass envanteri, emisyon oranları, ışık şiddeti ve sıcaklık verilerini kullanarak Kaliforniya'da biyogenetik emisyonu tahmin etmiştir. Tarımsal gübrelerin içme suyu kaynaklarına karışmasını etkileyen faktörlerin belirlenmesi amacıyla yağış verilerinin kullanıldığı birçok çalışma vardır (Udouj ve Scott, 1999; Wesenbeeck ve Havens, 1999; Wu ve Babcock, 1999).

2.2. Ekoloji

Potansiyel üretim alanlarının CBS tabanlı agroklimatik modellerle belirlenebilmesine benzer olarak, ekolojik biyoçeşitlilik de mekansal iklim veri setleri kullanılarak modellenilmektedir. Birnie ve

ark. (2000) İskoçya'da kartallı eğreltiotunun dağılımını modellemiştir. Guisan ve Theurillat (2000) Alp dağlarındaki bitki dağılımlarını modellemek amacıyla DEM ve uydu verilerini kullanmıştır. Kadmon ve Danin (1999) yağış verilerini dikkate alarak İsrail'de bitki türlerinin dağılımlarını belirlemiş, Franklin (1998) Kaliforniya'da çalı türlerinin dağılımlarını belirlemek amacıyla araziden elde edilen biyoklimatik verileri kullanmıştır.

Her ne kadar bu örnekler genelde flora dağılımları üzerine olsa da aynı yaklaşım fauna üzerinde de uygulanabilmektedir. At solucanı (Boag ve ark., 1998), salyangoz (Kadmon ve Heller, 1998), telkurdu (Rice ve ark., 1999), yok olma tehlikesi altındaki kelebeklerin dağılımları (Weiss ve Weiss, 1998), farklı rüzgar hızı ve yönünün deniz kuşları üzerine olan etkisi (Reinke ve ark., 1998) ve deniz yüzey sıcaklığının balık dağılımları üzerine etkisinin belirlenmesi (Waluda ve ark., 2001) amacıyla yürütülen çalışmalar örnek olarak verilebilir.

Brewer ve ark. (2003) Amerika'da insan sağlığı açısından sorun teşkil eden kenelerle bulaşıklık bakımından riskli bölgeleri belirleyebilmek üzere bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada kenelerin yaşaması için uygun olan bölgeler alansal özellikteki sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak haritalandırılmıştır. Batı Afrika'da sıtma hastalığı (Kleinschmidt ve ark., 2001), Doğu Afrika'da *F. hepatica* ve *F. gigantica* (Malone ve ark., 1998) ve Avrupa'da *Culicoides imicola* (Wittmann ve ark., 2001) dağılımının modellenmesi için yürütülen çalışmalar da da benzer şekilde sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır.

2.3. Hidroloji

Yağışların mekansal olarak ölçülebilmesi, birçok hidrometeorolojik modelleme için açıkça başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Bununla birlikte iklim verilerinin enterpolasyonunda kullanılan teknikler ve DEM, yağış istasyonlarından elde edilen noktasal verilerden kullanışlı yağış veri setlerinin oluşturulmasına katkı sağlamaktadırlar (Tsanis ve Gad, 2001; Prudhomme, 1999). Avustralya'da hidrolojik modelleme çalışmasında noktasal verilerden elde edilen konumsal yağış verileri kullanılmıştır (Wooldridge ve ark., 2001).

Erozyon risk haritaların ve erozyon miktarının belirlenmesine yönelik yapılmış olan bir çok çalışmada alansal dağılım özelliği gösteren yağış verileri kullanılmıştır. Meksika'da toprak erozyon potansiyelinin düzeltilmiş üniversal toprak kaybı eşitliği (Revised Universal Soil Loss Equation, RUSLE) ile belirlenmesi (Millward ve Mersey, 1999), Kenya'da üniversal toprak kaybı eşitliği (Universal Soil Loss Equation, USLE) ve CBS yardımıyla erozyon zararının belirlenmesi (Mati ve ark., 2000) ve Fransa'da işlenen topraklarda erozyon risk haritalarının belirlenmesi (Bissonnais ve ark., 2001) için yürütülen çalışmalar örnek olarak verilebilir. Japonya'nın Saga bölgesinde toprak kayması açısından riskli bölgeleri belirlemek ve gerekli önlemleri alabilmek amacıyla yürütülen çalışmada

yeraltı suyu akışı ve toprak kayması ile ilişkili olan birçok veri katmanı konumsal olarak üretilmiş ve CBS kapsamında değerlendirilmiştir (Zhou ve ark., 2003).

Tarımsal su ihtiyacının belirlenmesi, sulama ve su kaynaklarının planlanması ve hidrolojik çalışmalarda bölgesel referans bitki su tüketim oranlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle son yıllarda alansal dağılım özelliği gösteren referans bitki su tüketimi verilerine olan talep artış göstermiştir (Dolman, 1992; Blackie ve Simpson, 1993). Dalezios ve ark. (2002)'ın Yunanistan'da yaptıkları çalışma referans bitki su tüketiminin alansal dağılımlarını belirlemeye yönelik yapılan çalışmalara örnek olarak verilebilir. Çalışmada ölçülen referans bitki su tüketim değerleri Kriking yöntemi ile enterpole edilmiştir. Benzer şekilde yapılmış değişik çalışmalar mevcuttur (Lee, 1994; Li ve ark., 2000; Naoum ve Tsaniz, 2003).

3. VERİLERİN ÜRETİLME YÖNTEMLERİ

Noktasal verilerden iklim haritalarının üretilmesinde kullanılan yöntemler iki guruba ayrılmaktadır; tecrübeye dayalı ve istatistiksel yöntemler. Tecrübeye dayalı yöntemler, meteorolojik rejim, coğrafik özellikler ve diğer bilgi kaynaklarından iklim özelliklerini belirlemek amacıyla kişilerin bilgi ve deneyimlerini kullanır. Özellikle 1970 li yıllara kadar olan süreçte yaygın olarak kullanılmıştır. Tecrübeye dayalı yöntemler genellikle topografik pozisyon, eğim, yükseklik, bariyer konumu, rüzgar hızı ve yönü gibi değişik parametrelere dayanarak elle üretilen iklim haritalarını içermektedir (Daly ve ark., 2002).

1970'li yıllardan sonra iklim verilerinin alansal dağılımlarının belirlenmesinde daha çok istatistiksel yaklaşımlar kullanılmaya başlanmıştır. İstatistiksel yöntemlere geçiş sürecinde etkili olan en önemli faktör bilgisayar teknolojisinin çalışma ortamlarında çok yaygın kullanılmaya başlanmasıdır. İstatistiksel yöntemler, düzensiz bir şekilde dağılmış noktasal verilerinden düzenli bir şekilde dağılmış grid özelliğinde verileri tahmin etmek amacıyla rakamsal fonksiyonları kullanır (Daly ve ark., 2002).

Bir arazide değişik bölgelerden alınan örnekleme değerlerini kullanarak herhangi bir noktanın değerini tahmin etme işlemine "enterpolasyon" adı verilmektedir. Genellikle enterpolasyon, verilerin toplandığı alanın dışından ziyade içerisindeki bir alana ait verilerin tahmin edilmesinde kullanılır. İki farklı enterpolasyon tekniği vardır. Bunlar; deterministic ve stochastic (geostatistical) yöntemlerdir (Isaacs ve Srivastava, 1989; ESRI, 2004). Her iki teknikte başka bir konuma ait değerlerin hesaplanmasında çevredeki örnekleme noktalarına ait ölçülen değerleri kullanılmaktadır. Deterministic teknikler enterpolasyon işleminde matematiksel fonksiyonları kullanırken, Stochastic (geostatistical) yöntemler tahmin işlemindeki belirsizlik ve hataları da ortaya koyabilecek şekilde hem matematiksel hem de istatistiksel fonksiyonları dikkate alarak işlem yapmaktadır (ESRI, 2004).

IDW, Global polynomial, Local polynomial ve Radial Basis fonksiyon deterministic yöntemlerdir. Radial Basis fonksiyonun değişik uygulamaları sonucunda: spline, inverse multiquadric, spline with tension ve Thin Plate spline yöntemleri ortaya çıkmaktadır. Deterministik yöntemlerden en çok kullanılanları IDW ve Spline yöntemleridir (Dodson ve Marks, 1997; Thornton ve ark., 1997; Kurtzman ve Kadmon, 1999; Goovaerts, 2000; Li ve ark., 2000; Tsanis ve Gad, 2001; Anderson, 2003; Diodato ve Ceccarelli, 2005; Wei ve ark., 2005).

Geoistatistik yöntemler olarak ta adlandırılan stochastic yöntemler temelde Kriging olarak da bilinmektedir. Kriging yöntemleri; Simple Kriging, Ordinary Kriging, Universal Kriging, Indicator Kriging, Probabilty Kriging, Disjunctive Kriging ve Cokkriging olmak üzere alt başlıklara ayrılmaktadır. Her biri değişik uygulamalar yapmakla birlikte cokkriging dışındakiler ikinci bir değişkeni uygulamaya dahil edememektedir (Isaaks ve Srivastava, 1989; ESRI, 2004).

Uygulamalı istatistiğin bir dalı olarak ortaya çıkan Geoistatistik, ilk olarak madencilik araştırmalarında kullanılmış olsa da özellikle 1980 li yıllardan sonra toprak bilimi olmak üzere, çevre, hidroloji, ekolojik modelleme ve iklim araştırmaları gibi birçok farklı konuda kendine uygulama alanı bulmuştur (Isaaks and Srivastava, 1989).

İklim verilerinin alansal dağılımlarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda özellikle son dönemlerde Kriging yöntemleri de ele alınmış, diğer yöntemlerle karşılaştırmaları yapılmıştır ve genel itibari ile en uygun sonuçları vermişlerdir (Hevesi ve ark., 1992; Phillips ve ark., 1992; Garen ve ark., 1994; Goovaerts, 1999; Goovaerts, 2000; Li ve ark., 2000; Boyles ve Raman, 2003; Skirvin ve ark., 2003; Anderson, 2003; Diodato ve Ceccarelli, 2005; Wei ve ark., 2005). Kriging yöntemleri içerisinde özellikle yüksekliği ikinci bir parametre olarak uygulamaya dahil eden Cokkrigin yöntemi ön plana çıkmış olsa da, yöntemin başarısı iklim parametresi ile yükseklik arasındaki korelasyon düzeyine bağlı kalmıştır. Korelasyonun düşük olduğu bölgelerde Ordinary Kriging gibi diğer kriging yöntemleri ön plana çıkmıştır (Daly ve ark., 1994; Goovaerts, 2000).

Noktasal verileri kullanarak mekansal özellikteki iklim verilerinin üretilmesinde birkaç bin kilometre karelik alandan (Holdaway, 1996) kıtasal boyuta (Hulme ve ark., 1995; Willmott ve Matsuura, 1995) ve hatta bütün dünyayı kapsayacak şekilde (Willmott ve Robeson, 1995) enterpolasyon işlemleri uygulanmıştır. Bu çalışmaların birçoğunda herhangi bir noktadaki verinin tahmin edilmesinde çevre noktadaki ölçülmüş verileri kullanan lokal enterpolasyon yöntemleri kullanılmıştır. Bunlar IDW (Willmott ve Matsuura, 1995; Dodson ve Mark, 1997), spline (Hulme ve ark., 1995) ve kriging (Holdaway, 1996; Hundson ve Wackernagel, 1994; Hammond ve Yarie, 1996) dır.

Deterministic ve stochastic enterpolasyon metotları dışında bir çok çalışmada, iklim değişkenlerinin enterpolasyonu amacıyla regresyon eşitliklerinden yararlanılmıştır. İklim parametrelerinin topografik özelliklerle önemli bir şekilde korelasyonunun olduğu bölgelerde, genellikle bağımsız değişken olarak istasyonun konumu ve yüksekliği ele alınmıştır (Goodale ve ark., 1998; Kurtzman ve Kadmon, 1999; Goovaerts, 2000; Ninyerola ve ark., 2000; Antonic ve ark., 2001; Marquinez ve ark., 2003; Skirvin ve ark., 2003). İklim parametreleri üzerindeki etkisine bağlı olarak solar radyasyon, bulutluluk gibi bağımsız değişkenlerde çoklu regresyon modellerine dahil edilebilmektedir (Ninyerola ve ark., 2000).

Günümüzde iklim parametrelerinin alansal dağılımlarını belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda yukarıda bahsedilen 3 farklı yaklaşım kullanılmaktadır. Bazı çalışmalarda bu yaklaşımlar karşılaştırmalı olarak kullanılıp bölge şartlarına en uygun yöntemler belirlenirken (Daly ve ark., 1994; Goovaerts, 1999; Kurtzman ve Kadmon, 1999; Goovaerts, 2000; Li ve ark., 2000; Skirvin ve ark., 2003; Anderson, 2003; Diodato ve Ceccarelli, 2005; Wei ve ark., 2005) bazı çalışmalarda sadece bir yaklaşım (özellikle çoklu regresyon) ele alınıp sonuca gidilmiştir (Çetin ve ark., 1999; Greene ve ark., 1999; Ninyerola ve ark., 2000; Antonic ve ark., 2001; Fu ve Rich, 2002; Boyles ve Raman, 2003; Marquinez ve ark., 2003).

4. SONUÇ

Özellikle bilgisayar teknolojisinde meydana gelen gelişmeler sonucunda her bilim dalında daha kompleks çalışmalar yapılmaya ve bu çalışmalarda daha fazla veri kullanılmaya başlanmıştır. Tarım gibi çok değişkenlik gösteren faktörlerin üstün bir şekilde etkili olduğu konularda daha detaylı, güncel, fazla değişken içeren ve hassas verilerin kullanılma zorunluluğu artmıştır. Taleplerde oluşan artışlar adı geçen parametreleri ölçülebilir ve elde edilebilir hale getirme yolunda yapılan çalışmalara yön vermiştir.

Tarımsal süreci etkileyen en önemli faktörlerden birisi de iklim faktörleridir. İklimsel özellikler her türlü tarımsal faaliyeti doğrudan etkileyen, kontrol edilmesi güç olduğu içinde önceden bilinmesi ve gerekli önlemlerin alınması açısından da bir o kadar önemli olan faktörlerdir. Günümüzde yürütülen bir çok çalışmada iklimsel parametreler kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmeyle birlikte modelleme çalışmalarının gelişmesi sonucunda bu modellerde kullanılabilir formatta ve detayda iklimsel parametrelere ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır.

İklimsel faktörler özellikle kompleks topografyaya sahip olan alanlarda çok kısa mesafelerde değişiklik göstermekte ve birçok harici faktörlerden (bitki örtüsü, su yüzeyi, yöney, yükseklik vb.) etkilenmektedir. Gerçekte bu kadar değişkenlik gösteren iklim parametrelerinin çok sık dağıtılmış meteoroloji istasyon ağları ile gözlemlenmesi gerekmektedir. Genel olarak literatür incelemesi yapıldığında gelişmekte olan ülkelere göre gelişmiş ülkelerde bu

istasyon ağlarının daha yoğun olarak oluşturulduğu ve iklim değerlerinin belirlenmesi için daha hassas davranıldığı sonucuna varılabilmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ortaya çıkan bu farklılığı temelde ekonomik ve bakış açısı farklılığına bağlamak mümkündür.

Genel olarak konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde iklimsel parametrelerin alansal dağılımlarının belirlenmesi ve ilgili iklim katmanlarının üretilmesinde birçok farklı metodların kullanılmakta olduğu görülmektedir. Çalışma alanının topografik özellikleri, gözlem değeri alınan meteoroloji istasyonu sayısı, ele alınma iklim parametresi gibi faktörlere bağlı olarak değerlendirilen ve sonuçta önerilen yöntemler farklılık göstermektedir. Bir bölge için uygun olan metod diğer bir bölgede uygun bulunmamaktadır. Buradan yola çıkarak yapılabilecek yorum benzer çalışmaların bölgenin özelliklerine ve eldeki verilerin yapısına bağlı olarak değişik metodlarla her bölgede uygulanması gerektiğidir.

Özellikle Karadeniz Bölgesi gibi kompleks bir topografyaya sahip olan alanlarda yürütülecek benzer çalışmalarda topografik faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

5. KAYNAKLAR

Anderson, S., 2003. An evaluation of spatial interpolation methods on air temperature in Phoenix,AZ. URL: <http://www.cobblestoneconcepts.com/ucgis2summer/anderson/anderson.htm>

Antonici, O., Krizan, J., Marki, A., Bukovec, D., 2001. Spatio-temporal interpolation of climatic variables over large region of complex terrain using neural networks. *Ecological Modelling*, 138: 255–263.

Benjamin, M.T., Sudol, M., Vorsatz, D., Winer, A.M., 1997. A spatially and temporally resolved biogenic hydrocarbon emissions inventory for the California South Coast Air Basin. *Atmospheric Environment* 31: 3087-3100

Bhan, S.K., Saha, S.K., Pande, L.M., Prasad, J., 1997. Use of remote sensing and GIS technology in sustainable agricultural management and development, India Institute of Remote Sensing, India.

Birmie, R.V., Miller, D.R., Horne, P.L., Leadbeater, S., Macdonald, A., 2000. The potential distribution and impact of bracken in upland Scotland: An assessment using a GIS-based niche model. *Annals of Botany*. 85: 53-62

Bissonnais, Y.L., Montier, C., Jamagne, M., Daroussin, J., King, D., 2001. Mapping erosion risk for cultivated soil in France. *Catena* . 46: 207–220.

Blackie, J.R., Simpson, T.K.M., 1993. Climate variability within the Balquhider catchments and its effect on Penman potential evaporation. *Journal of Hydrology*. 145: 371-387.

Boag, B., Jones, H.D., Evans, K.A., Neilson, R., Yeates, G.W., Johns, P.M., 1998. The application of GIS techniques to estimate the establishment and potential spread of *Artiosthria triangulata* in Scotland. *Pedobiologia*, 42: 504-510

Box, E.O., Crumpacker, D.W., Hardin, E.D., 1993. A climatic model for location of plant species in Florida, USA. *Journal of Biogeography*, 20: 629–644.

Boyles, R.P., Raman,S., 2003. Analysis of climate trends in North Carolina (1949–1998). *Environment International*, 29: 263– 275.

Brewer, M.J., Mather, T.N., Mather, J.R., 2003. Using climate predictions in tick-borne disease risk modelling. URL: www.ofps.ucar.edu/joss_psg/meetings/cpa-wkshp.

Caldiz, D.O., Gaspari, F.J., Haverkort, A.J., Struik,P.C., 2001. Agro-ecological zoning and potential yield of single or double cropping of potato in Argentina. *Agricultural and Forest Meteorology*, 109: 311–320

Çetin, M., Topaloğlu, F., Tülüçü, K., 1999. Doğu Akdeniz bölgesinde aylık alansal yağışların jeoistatistiksel yöntemle saptanması ve stokastik olarak modellenmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 691-698.

Dalezios, N.R., Loukas, A., Bampzelis, D., 2002. Spatila variability of reference evapotranspiration in Greece. *Physics and Chemistry of Earth*, 27: 1031-1038.

Daly, C., Neilson, R.P., Phillips,D., 1994. A Statistical-topographical model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology*, 33(2): 140-158.

Daly, C., Gibson, W.P., Taylor, G.H., Johnson, G. L., Pasteris, P., 2002. A knowledge-based approach to the statistical mapping of climate. *Climate Research*, 22: 99-113.

Diodato, N., Ceccarelli, M., 2005. Interpolation processes using multivariate geostatistics for mapping of climatological precipitation mean in the Sannio Mountains (Southern Italy). *Earth Surface Processes and Landforms*, 30: 259–268.

Dodson, R., Marks, D., 1997. Daily air temperature interpolated at high spatial resolution over a large mountainous region. *Climate Research*, 8:1–20.

Dolman, A.J., 1992. A note on areally-averaged evaporation and the value of the effective surface conductance. *Journal of Hydrology*, 138: 583-589.

ESRI, 2004. Using Arcview GIS. Environmental System Research Institute.Inc.Redlans, California.

FAO and BARC, 1998. Geographic Information Systems and Agroecological zones database for agricultural development in Bangladesh, Bangladesh Agricultural Research Council (BARC),Dhaka/Bangladesh, URL: <http://www.fao.org/landandwater/agll/bgdrlis/index>.

Franklin, J., 1998. Predicting the distribution of shrub species in southern California from climate and terrain-derived variables. *Journal of Vegetation Science*, 9: 733-748

Fu, P., Rich, P.M., 2002. A geometric solar radiation model with applications in agriculture and forestry. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37, 25-35.

Garen, D.C., Johnson, G.L., Hanson, C.L., 1994. Mean areal precipitation for daily hydrologic modeling in mountainous terrain. *Water Resource Bulletin*, 30: 481-491.

Gignac, L.D., Vitt, D.H., Bayley, S.E., 1991. Bryophyte response surfaces along ecological and climatic gradients. *Vegetation*, 93:29–45.

Goodale, C.L., Aber, J.D. & Ollinger, S.V., 1998. Mapping monthly precipitation, temperature, and solar radiation for Ireland with polynomial regression and a digital elevation model. *Climate Research*, 10: 35–49.

Goovaerts, P., 1999. Using elevation to aid the geostatistical mapping of rainfall erosivity. *Catena*, 34: 227–242.

Goovaerts, P., 2000. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228:113-129.

- Greene, S.L., Hart, T.C., Afonin, A., 1999. Using Geographic Information to acquire wild crop germplasm for ex situ collections: I. Map development and field use. *Crop Science*, 39:836-842.
- Guisan, A., Theurillat, J.P., 2000. Equilibrium modelling of alpine plant distribution: how far can we go? *Hytocoenologia*, 30: 353-384.
- Güler, M., 2003. Bafra ve Çarşamba Ovalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak agroekolojik zonlarının çıkarılması ve sulama açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Güler, M., Kara, T., Dok, M., 2005. Orta Karadeniz Bölgesinde potansiyel kanola (*brassica rapus l.*) üretim alanlarının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniklerinin kullanımı. O.M.U. Ziraat Fakültesi Dergisi, 0(1):44-49.
- Hammond, T., Yarie, J., 1996. Spatial prediction of climatic state factor regions in Alaska. *Ecoscience*, 3(4): 490-501.
- Hevesi, J.A., Istok, J.D., Flint, A.L. 1992. Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics. 1. Structural analysis. *Journal of Applied Meteorology*, 31:661-676
- Hijmans, R.J., Forbes, G.A., Walker, T.S., 2000. Estimating the global severity of potato late blight with GIS-linked disease forecast models. *Plant Pathology*, 49: 697-705.
- Hill, M.J., Donald, G.E., Vickery, P.J., Furnival, E.P., 1996. Integration of satellite remote sensing, simple bioclimatic models and GIS for assessment of pastoral development for a commercial grazing enterprise. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 36(3): 309-321.
- Holdaway, M.R., 1996. Spatial modeling and interpolation of monthly temperature using kriging. *Climate Research*, 6: 215-225.
- Hudson, G., Wackernagel, H., 1994. Mapping temperature using kriging with external drift: theory and an example from Scotland. *International Journal of Climatology*, 14: 77-91.
- Hulme, M., Conway, D., Jones, P.D., Jiang, T., Barrow, E.M., Turney, C., 1995. Construction of a 1961-1990 European climatology for climate change modeling and impact applications. *International Journal of Climatology*, 15:1333-1363.
- Isaaks, E.H. and Srivastava, R.M., 1989. *An Introduction to applied Geostatistics*. Oxford Uni. Press, Inc. New York, 561 pp.
- Jones, P.G., Beebe, S.E., Tohme, J., Galwey, N.W., 1997. The use of geographical information systems in biodiversity exploration and conservation. *Biodiversity and Conservation*, 6: 947-958.
- Kadmon, R., Danin, A., 1999. Distribution of plant species in Israel in relation to spatial variation in rainfall. *Journal of Vegetation Science*, 10: 421-432.
- Kadmon, R., Heller, J., 1998. Modelling faunal responses to climatic gradients with GIS: land snails as a case study. *Journal of Biogeography*, 25: 527-539.
- Kara, T., Güler, M., 2003. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin tarımsal amaçlı kullanımı: Potanyel kuru fasulye ekim alanlarının saptanması, 1. Sulama Kongresi, Kuşadası/İZMİR.
- Klein, W.H., Dai, Y., 1998. Reconstruction of monthly mean 700-mb heights from surface data by reverse specification. *Journal of Climatology*, 11(8): 2136-2146.
- Kleinschmidt, I., Omumbo, J., Briet, O., Giesen, N.V., Sogoba, N., Mensah, N.K., Windmeijer, P., Moussa, M., Teuscher, T., 2001. An empirical malaria distribution map for West Africa. *Tropical Medicine and International Health*, 6(10): 779-786.
- Kravchenko, A.N., Bullock, D.G., Boast, C.W., 2000. Joint multifractal analysis of crop yield and terrain slope. *Agronomy Journal*, 92: 1279-1290.
- Kurtzman, D., Kadmon, R., 1999. Mapping of temperature variables in Israel: a comparison of different interpolation methods. *Climate Research*, 13: 33-43.
- Lee, S.I., 1994. Validation of geostatistical models using the Filliben test of orthogonal residuals. *Journal of Hydrology*. 158: 319-332.
- Li, S., Tarboton, D.G., Mckee, M., 2000. GIS-based temperature interpolation for distributed modelling of reference evapotranspiration. URL: www.engineering.usu.edu/cee/faculty/dtarb.
- Lindenmayer, D.B., Nix, H.A., McMahon, J.P., Hutchinson, M.F., Tanton, M.T., 1991. The conservation of leadbeaters's possum, *Gymnobelideus leadbeateri* (McCoy): a case study of the use of bioclimatic modeling. *Journal of Biogeography*, 18: 371-383.
- Lindsay, S.W., Parson, L., Thomas, C.J., 1998. Mapping the ranges and relative abundance of the two principal African malaria vectors, *Anopheles gambiae sensus stricto* and *An-arabiensis*, using climate data. *Proceedings of Royal Society. Lond. Series B*, 265 (1399): 847-854.
- Loh, K.F., Surip, N. and Hashim, S.A., 1998. Agroecological Zoning for Southwest Selangor using Remote Sensing and Geographic Information System. Malaysian Centre for Remote Sensing (MACRES). URL: <http://www.gisdevelopment.net/application/agriculture/overview/index>.
- Lourens, U.W., deJager, J.M., 1997. A computerised crop-specific drought monitoring system: Design concepts and initial testing. *Agricultural Systems*, 53: 303-315.
- Malonea, J.B., Gommessb, R., Hansenb, J., Yilmac, J.M., Slingenbergb, J., Snijdersb, F., Nachtergaeleb, F., Atamanb, E., 1998. A geographic information system on the potential distribution and abundance of *Fasciola hepatica* and *Fasciola gigantica* in east Africa based on Food and Agriculture Organization databases. *Veterinary Parasitology*, 78: 87-101.
- Marquinez, J., Lastra, J., Garcia, P., 2003. Estimation models for precipitation in mountainous regions: the use of GIS and multivariate analysis. *Journal of Hydrology*, 270: 1-11.
- Mati, B.M., Morgan, R.P.C., Gichuk, F.N., Quintor, J.N., Brewer, T.R., Liniger, H.P., 2000. Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS: A case study of the Upper Ewaso Ng'iro North basin of Kenya. *JAG*. 2:2.
- McKenney, D.W., Hutchinson, M.F., Kesteven, J.L., Venier, L.A., 2001. Canada's plant hardiness zones revisited using modern climate interpolation techniques. *Canadian Journal of Plant Science*, 81: 129-143.
- Menkir, A., Kling, J.G., Jagtap, S.S., Aliu, B.A., 2000. GIS based classification of maize testing locations in West and Central Africa. *Maydica*, 45: 143-150.
- Millward, A.A., Mersey, J.E., 1999. Adapting the RUSLE to model soil erosion potential in a mountainous tropical watershed. *Catena*, 38:109-129.
- Naoum, S., Tsanis, I.K., 2003. Hydroinformatic in evapotranspiration estimation. *Environmental Modelling & Software*, 18: 261-271.
- Narrain, P. and Koroluk, R., 1999. Land Use Classification for Agri-environmental Statistic/Indicators, Statistical

- Commission and Economic Commission for Europe, Conference of European Statisticians, Working Paper No:13, Israel.
- Ninyerola, M., Pons, X., Roure, M.J., 2000. A methodological approach of climatologically modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology*, 20:1823-1841.
- Pariyar, M.P. and Singh, G., 1995. GIS based model for Agroecological zoning: A case study of Chitwan District/Nepal, Agricultural and Food Engineering Program School of Environment, Resources and Development Asia, Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Patel, N.R., Mandal, U.K. and Ponde, L.M., 2000. Agroecological zoning system a Remote Sensing and GIS perspective, *Journal of Agrometeorology*, 2:1, 1-13.
- Peter G., Jones, P.G., Thornton, P.K., 2000. MarkSim: Software to Generate Daily Weather Data for Latin America and Africa. *Agronomy Journal*, 92: 445-453.
- Phillips, D.L., Dolph, J., Marks, D., 1992. A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitation in mountainous terrain. *Agriculture and Forest Meteorology*, 58:119-141.
- Priya, S., Shibasaki, R., 2001. National spatial crop yield simulation using GIS-based crop production model. *Ecological Modelling*, 136: 113-129.
- Prudhomme, C., 1999. Mapping a statistic of extreme rainfall in a mountainous region. *Physics and Chemistry of the Earth Part-B Hydrology Oceans and Atmosphere*. 24: 79-84.
- Quiroz, R., Zorogastua, P., Baigorria, G., Barreda, C., Valdivia, R., Cruz, M. and Reinoso, J., 1999. Toward a dynamic definition of Agroecological zones using modern information technology Tools, CIP Program Report, 1999-2000, 361-370.
- Reinke, K., Butcher, E.C., Russell, C.J., Nicholls, D.G., Murray, M.D., 1998. Understanding the flight movements of a non-breeding wandering albatross, *Diomedea exulans gibsoni*, using a geographic information system. *Australian Journal of Zoology*, 46: 171-181.
- Rice, M., Pedigo, L., Lefko, S., 1999. Defining Wireworm risk with GIS. Iowa State University, Extension Service Press. USA. URL: <http://www.ipm.iastate.edu/ipm.icm/1999/4-19-1999/wvgis.html>
- Rojas, O.E., Eldin, M., 1983. Agroecological zoning for sugarcane (*Saccharum spp.*) cultivation in Costa Rica. *Turrialba*, 33(2): 151-159.
- Schreider, S.Y., Whetton, P.H., Jakeman, A.J., Pittock, A.B., 1997. Runoff modelling for snow-affected catchments in the Australian alpine region, eastern Victoria. *Journal of Hydrology*, 200(1-4): 1-23.
- Silva, A.C., Blanco, J.L., 2003. Evaluating biophysical variables to identify suitable areas for oat in Central Mexico: a multi-criteria and GIS approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 95: 371-377.
- Skirvin, S.M., Marsh, S.E., McClaranw, M.P., Mekoz, D.M., 2003. Climate spatial variability and data resolution in a semi-arid watershed, south-eastern Arizona. *Journal of Arid Environments*, 54: 667-686.
- Soderstrom, M., Magnusson, B., 1995. Assessment of local agroclimatic conditions: a methodology. *Agricultural and Forest Meteorology*, 72: 243-260.
- Thornton, P.E., Running, S.W., White, M.A., 1997. Generating surfaces of daily meteorological variables over large regions of complex terrain. *Journal of Hydrology*, 190: 214-251.
- Tsanis, I.K., Gad, M.A., 2001. A GIS precipitation method for analysis of storm kinematics. *Environmental Modelling&Software*, 16: 273-281.
- Udouj, T.H., Scott, H.D., 1999. Simulated phosphorus and sediment loadings in two representative subbasins of the Illinois River. *Journal of Soil Contamination*, 8: 509-526.
- Waluda, C.M., Rodhouse, P.G., Trathan, P.N., Pierce, G.J., 2001. Remotely sensed mesoscale oceanography and the distribution of *Illex argentinus* in the South Atlantic Fisheries, *Oceanography*, 10: 207-216.
- Wei, H., Li, J.L., Liang, T.G., 2005. Study on the estimation of precipitation resources for rainwater harvesting agriculture in semi-arid land of China. *Agricultural Water Management*, 71(1): 33-45.
- Weiss, S.B., Weiss, A.D., 1998. Landscape-level phenology of a threatened butterfly: A GIS-Based modeling approach. *Ecosystems*, 1: 299-309.
- Wesenbeeck, V.I.J., Havens, P.L., 1999. A groundwater exposure assessment for chloranulam-methyl in the US soybean market. *Journal of Environmental Quality*, 28: 513-522.
- Willmott, C.J., Matsuura, K., 1995. Smart interpolation of annually averaged air temperature in the United States. *Journal of Applied Meteorology*, 34:2577-2586.
- Willmott, C.J., Robeson, S.M., 1995. Climatologically aided interpolation (CAI) of terrestrial air temperature. *International Journal of Climatology*, 15:221-229.
- Wittmann, E.J., Mellor, P.S., Baylis, M., 2001. Using climate data to map the potential distribution of *Culicoides imicola* (Diptera:Ceratopogonidae) in Europe, *OIE Scientific and Technical Review*, 20(3): 731-740.
- Wooldrige, S.A., Franks, S.W., Kalma, J.D., 2001. Hydrological implications of the Southern Oscillation: variability of the rainfall-runoff relationship. *Hydrological Sciences Journal*, 46: 73-88.
- Wu, J.J., Babcock, B.A., 1999. Metamodeling potential nitrate water pollution in the central United States. *Journal of Environmental Quality*, 28: 1916-1928.
- Yajima, M., 1996. Monitoring regional rice development and cool-summer damage. *Jarq-Japan Agricultural Research Quarterly*, 30: 139-143.
- Yazdanpanah, H., 2001. Agroclimatic zoning of Azarbaijan province for rainfed almond, MSc. Thesis, Tehran University, Iran. URL: <http://www.gisdevelopment.net/application/agriculture/overview/index.htm>
- Zhou, G., Esaki, T., Mori, J., 2003. GIS-based spatial and temporal prediction system development for regional and subsidence hazard mitigation. *Environmental Geology*, 44:665-678.