ÜRÜN VERİMİNE DAYALI TARIMSAL ARAZİ KULLANIM UYGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ

Onur ŞATIR[1], Süha BERBEROĞLU[2]

[1]Yrd. Doç. Dr., Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 65080, Tuşba, Van, osatir@yyu.edu.tr
[2]Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01330, Çukurova, Adana, suha@cu.edu.tr

ÖZET

Alan kullanım uygunluğunun belirlenmesi geleceğe yönelik stratejik fiziki, sosyal ve ekonomik planların oluşturulmasında hayati önem taşır. Özellikle tarımsal alan kullanımı, sınırlı ekilebilir arazilerin verimli kullanılması açısından değerlidir. Bu çalışmanın amacı, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla tarımsal alan kullanım uygunluğunun ürün temelli belirlenmesi için ürün verimliliğini temel alan bir sistem geliştirmektir. Bu kapsamda, Çukurova Bölgesi'ndeki buğday tarımı örnek olarak alınmış ve bölgedeki buğday tarımına uygun alanlar, uygunluk derecelerine göre belirlenmiştir. Uzaktan algılama ile tahmin edilen buğday verimliliği, mekânsal istatistiksel yöntemlerle belirlenen toprak tuzluluğu ve iklimsel değişkenlerle, çeşitli önceden hazırlanmış haritalardan temin edilen, toprak tekstürü, derinliği ve porozitesi (toprak boşluğu) verileri çalışma kapsamında kullanılmıştır. Sonuç olarak buğday yetiştirilmesindeki en etkili faktörlerin sırasıyla yağış, gelişme günleri sıcaklığı ve toprak porozitesi olduğu saptanmıştır. Ekilebilir arazilerin %93'ünün buğday yetiştirilmesi için uygun araziler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğu, Buğday, Rekolte tahmini, bulanık mantık, Çukurova Bölgesi

ABSTRACT

DETECTING AGRICULTURAL LAND USE SUITABILITY BASED ON CROP PRODUCTIVITY

Land use suitability detection is vital to prepare physical, social and economic plans strategically. Especially, agricultural land use suitability is valuable because of limited arable lands. The purpose of this study is to develop an agricultural land use suitability system based on crop needs using remote sensing and geographical information systems. In this frame, wheat crop which is located in Cukurova Region was selected as sample crop and potential wheat areas were detected according to suitability degree. Wheat productivity, which was mapped using remote sensing, climate variables and soil maps (soil texture, deepness and total porosity) were used to define land use suitability. In conclusion, the most important factors in wheat growth were defined as precipitation, growing degree days and total porosity orderly. Most of the area (93%) was detected as available for wheat agriculture.

Keywords: Agricultural land use suitability, Wheat, Yield prediction, Fuzzy logic, Çukurova Region

1. GİRİŞ

Tarımsal peyzajın korunması ve geliştirilmesi, insanın temel ihtiyacı olan beslenmenin sürekliliği, yiyecek ham maddelerinin temini ve tarım sanayisinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Dünyadaki mevcut tarım alanları her 5 yıllık süreçte yaklaşık %0.1 – 0.2 oranında azalmaktadır (WB, 2013). Buna karşın dünya nüfusu son 5 yıllık süreçte yaklaşık %6.2 oranında artış göstermiştir (UN, 2013). Ülkemizde ise son beş yılda tarım arazileri %3.2 azalmış, nüfus %5.4 artmıştır (TUIK, 2013).

Mevcut tarım alanlarının korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilirliği, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ciddi bir sorun olmuştur. FAO, (2002) verilerine göre, Türkiye, halen ürettiği buğdayın iki katından fazlasını üretebilecek bir potansiyele sahiptir. Bu üretimin yapılamamasının nedenleri, tarım alanlarının bölünmesi, tarımsal maliyetlerin fazla olması ve çiftçiliğin giderek azalması gösterilebilir. Buna, tarım arazilerinin tarım dışı kullanılması sorununu da eklediğimizde tarımsal alan kullanımının planlanması konusunun önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Ellili yıllardan itibaren sanayileşme süreci ile birlikte ülkemizde hızlı bir yapılaşma başlamıştır. Yeni sanayi bölgeleri, yerleşim alanları, turistik tesisler ve maden alanlarının kurulabilmesi için tarım arazilerinin amacı dışında kullanılması zorunluluğu gündeme gelmiştir.

Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) bu noktada konumsal verilerin alan kullanım planlamasına yönelik olarak üretilmesi ve düzenlenmesi aşamasında güncel olarak uygulanabilecek en az maliyetli ve etkili yöntemleri uygulama olanağı sağlamaktadır (Şatır, 2013).

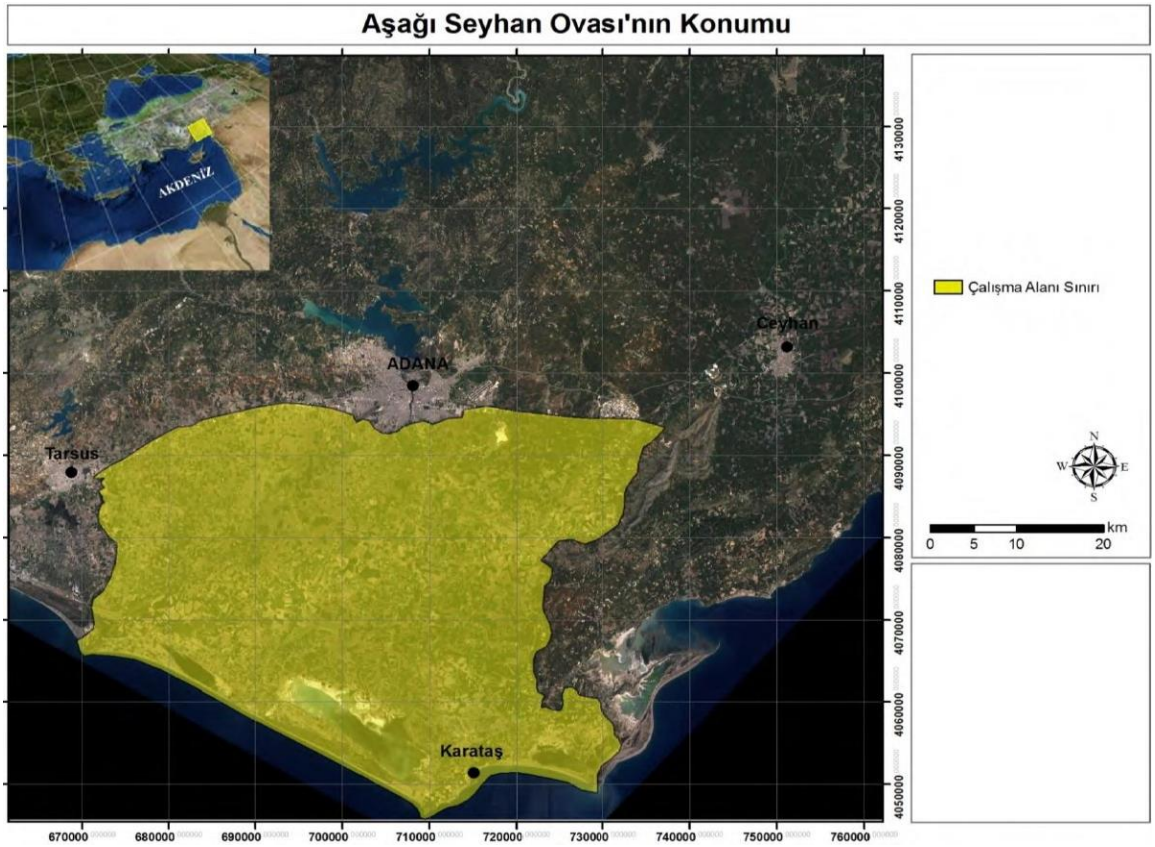
Genel anlamda, CBS nin en önemli kullanım alanlarından birisi alan kullanım uygunluğu haritalaması ve analizleridir (Malczewski, 2004). Bir çok kriterli analiz (ÇKA) tabanlı karar verme işlemini uygulamak için alternatiflerin belirlenmesi ve bu alternatiflerin etki değerlerine göre sıralanması gereklidir (Jansen ve Rietveld,

1990). Analitik tekniklerin CBS içerisinde ÇKA'larla bütünleştirilmesi, kullanıcılara daha fonksiyonel bir alt yapı sağlayabilmektedir (Carver, 1991).

Bu çalışmada, çok kriterli analiz teknikleri kullanılarak, buğday tarımına uygun alanlar buğday verimliliği temel alınarak konumsal olarak Çukurova Bölgesi'nde saptanmıştır. Bu çerçevede, UA bilimi buğday verimliliğinin tespitinde, CBS bilimi ise konumsal veri işleme ve analiz aşamalarında aktif olarak kullanılmıştır. İklim, toprak, arazi kullanımı ve bölgesel risk faktörleri dikkate alınarak kriterler belirlenmiş ve buğday verimliliği temel alınarak ağırlıklandırılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Türkiye'nin en verimli ovalarından birisi olan Çukurova'nın Aşağı Seyhan Ovası (ASO) olarak adlandırılan bölümüdür. Kuzey sınırını Adana Kenti ve Tarsus – Gaziantep Otoyolu, doğu sınırını Ceyhan Nehri, batı sınırını Berdan Nehri, güney sınırını ise Akdeniz oluşturmaktadır (Şekil 1). Toplamda yaklaşık 213.000 ha'lık bir alanı kapsamaktadır. 174.088 ha alan sulamaya uygun ve Akdeniz iklim bölgesidir. Yazlık ve kışlık olarak 2 farklı ürün deseni olan ovada; kışın buğday, yazın ise mısır en çok üretimi yapılan tarla bitkileridir. Bunun yanı sıra ülkemizin önemli narenciye üretim alanlarındandır.



Şekil 1. Çalışma alanı coğrafi konumu ve çevre yerleşimler

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada 5 temel veri seti kullanılmıştır bunlar: i) Toprak verileri, ii)iklim verileri, iii) bölgesel tarımsal risk faktörü verileri, iv) kısıtlayıcılar, v) Buğday verimi.

i)Toprak verileri temelde 5 farklı tip veriden oluşmaktadır, bu veriler tarımsal alan kullanımında temel alınması gerekli verilerdir. Sırasıyla toprak tekstürü (kil, silt, kum yüzdeleri), toprak derinliği ve toprak porozitesi (toprağın su tutma kapasitesiyle doğru orantılıdır) verileridir.

ii) İklim verileri temelde 2 tip veridir bunlar; dönemsel yağış verisi ve toplam gelişme günleri sıcaklığı (GGS) verisidir.

iii) Bölgesel risk faktörü, Bu veri farklı bölgeler için uygulanan analizlerde erozyon, tuzluluk, alkalinite, sel riski gibi riskleri de içerebilir ancak çalışma alanında sadece tuzluluk riski doğrudan tarımsal ürünlerin dağılımını ve verimini etkilemektedir.

iv) Bölgedeki tarım dışı arazilerin analiz aşamasından çıkarılması için gerekli verilerdir. Bu alanlar, mevcut yerleşim, göl, akarsu, kanallar (su yüzeyleri), ulaşım sistemleri, ağaçlandırma sahaları ve öncelikli koruma sahalarını kapsamaktadır.

v) Buğday verimi ile ilgili alansal veriler Şatır (2013)'ten elde edilmiştir. Bu veriler, doğrudan arazi örneklemeri ve landsat verisinden üretilen vejetasyon indisleri yardımıyla %7.6'lık bir hatayla bütün çalışma alanı için üretilmiş alansal verilerdir.

İlgili verilerle temin edildiği kaynak ve yöntemler Çizelge 1'de detaylı olarak gösterilmiştir:

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan veri tipleri ve kaynakları

Veri tipi		Birimi	Yöntemi	Kaynağı
Toprak	Kil	%	Toprak etüdleri ve laboratuvar analizleri	*Dinç ve ark. 1990*
	Silt	%	Toprak etüdleri ve laboratuvar analizleri	*Dinç ve ark. 1990*
	Kum	%	Toprak etüdleri ve laboratuvar analizleri	*Dinç ve ark. 1990*
	Toprak derinliği	mm	Toprak etüdleri ve laboratuvar analizleri	*Dinç ve ark. 1990*
	Porozite	%	Toprak etüdleri ve laboratuvar analizleri	*Dinç ve ark. 1990*
İklim	Min. Sıcaklık	°C	Devlet meteoroloji ve çiftçi meteoroloji istasyonları	*DMI ve sulama birlikleri*
	Mak. Sıcaklık	°C	Devlet meteoroloji ve çiftçi meteoroloji istasyonları	*DMI ve sulama birlikleri*
	Yağış	mm	Devlet meteoroloji ve çiftçi meteoroloji istasyonları	*DMI ve sulama birlikleri*
Risk	Toprak tuzluluğu	dS/m	Arazi ölçümleri ile radyal tabanlı interpolasyon tekniği	*Şatır, 2013*
Kısıtlayıcılar	Arazi örtüsü ve alan kullanımları	-	Uzaktan algılama ile obje tabanlı çok zamanlı sınıflama teknikleri	*Şatır, 2013*
Verim	Buğday ürün verimliği	Kg/da	Uzaktan algılama ile çeşitli mekânsal istatistik yöntemleri uygulanarak	*Şatır, 2013*

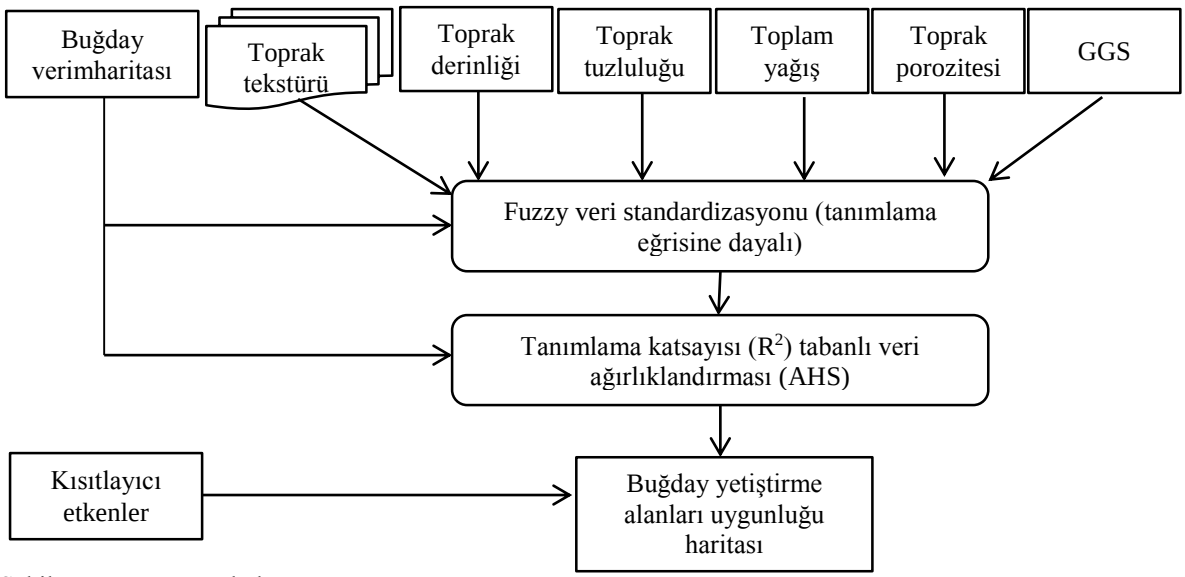
3.2. Yöntem

Buğday alan kullanım uygunluğunun belirlenmesinde, yersel ÇKA yöntemi temel alınmıştır. Bu yöntemde, 4 temel aşama vardır:

a) Kriterlerin belirlenmesi
b) Standardizasyon
c) Ağırlıklandırma
d) Sonuç haritalarının oluşturulması

Uygulanan yöntemin genel akış sistemi ilk olarak Saaty, (1980) tarafından uygulanmıştır. Standardizasyon ve ağırlıklandırma en temel öğeler olarak bu yaklaşımda ön plana çıkar. Girdi verilerinin standardize edilirken neye göre edileceği ve nasıl ağırlıklandırılacağı genel literatürde halen tartışılmaktadır. Ancak, konuyla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında temelde 3 farklı standardizasyon ve ağırlıklandırma prosedürünün uygulandığını görülmektedir. Bunlardan ilki benzer çalışmalara bakılarak literatürdeki bilgilerin kullanılmasıdır. Bu yöntemdeki temel sübjektivite, yapılan çalışmanın benzer bir alanda olmayabilişi ve yine yapılan çalışmanın sübjektif unsur içerebilme ihtimalidir. Bu iki durumda da literatür verilerine dayalı bir çalışmanın doğruluğu düşmektedir. Bir diğer yöntem uzman görüşüne başvurmaktır. Bu yöntemde, uzmanların verdiği cevaplar birbirleriyle çelişkili olabilmektedir. Son yaklaşım ise, ideal veriye dayalı standardizasyon ve ağırlıklandırmadır. Bu yaklaşımda, ideal bir uygun alanlar belirlenir ve mevcut girdiler bu veriye göre standardize edilip ağırlıklandırılır. Bu çalışmada, buğday yetiştirilmesi için uygun alanlar belirlenirken, Şatır (2013) tarafından elde edilen alansal buğday verimliliği verileri kullanılmıştır (Şekil 2).

Buğday yetiştirilmesi için uygun alanlar belirlenirken kullanılan toprak tekstürü, toprak derinliği, toprak tuzluluğu, gelişme günleri sıcaklığı (GGS) ve yağış verilerinin buğday ürün verimliliği ile korelasyonuna ve ilişki eğrilerine bakılarak standardizasyonlar fuzzy (bulanık) mantık tekniğiyle yapılmıştır. Her bir faktörün uygunluğu saptandıktan sonra tanımlama katsayılarına (R^2) değerlerine göre analitik hiyerarşi süreci (AHS) kullanılarak ağırlıklandırma yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Yöntem genel akış şeması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Kriterlerin belirlenmesi, belirlenen kriterlerin standardizasyonu ve ağırlıklandırılması sonucunda buğday yetişme koşullarına göre en uygun alanlar Aşağı Seyhan Ovası içerisinde belirlenmiştir. Kriterler belirlenirken, veri ulaşılabilirliği ve buğday yetişme istekleri temel alınmıştır. Yapılan analiz mekânsal bir analiz olması nedeniyle, elde edilen toprak, iklim, risk ve alan kullanımları verileri de mekânsal olarak temin edilmiş veya intepolasyon teknikleriyle grid formatında veriye dönüştürülmüştür.

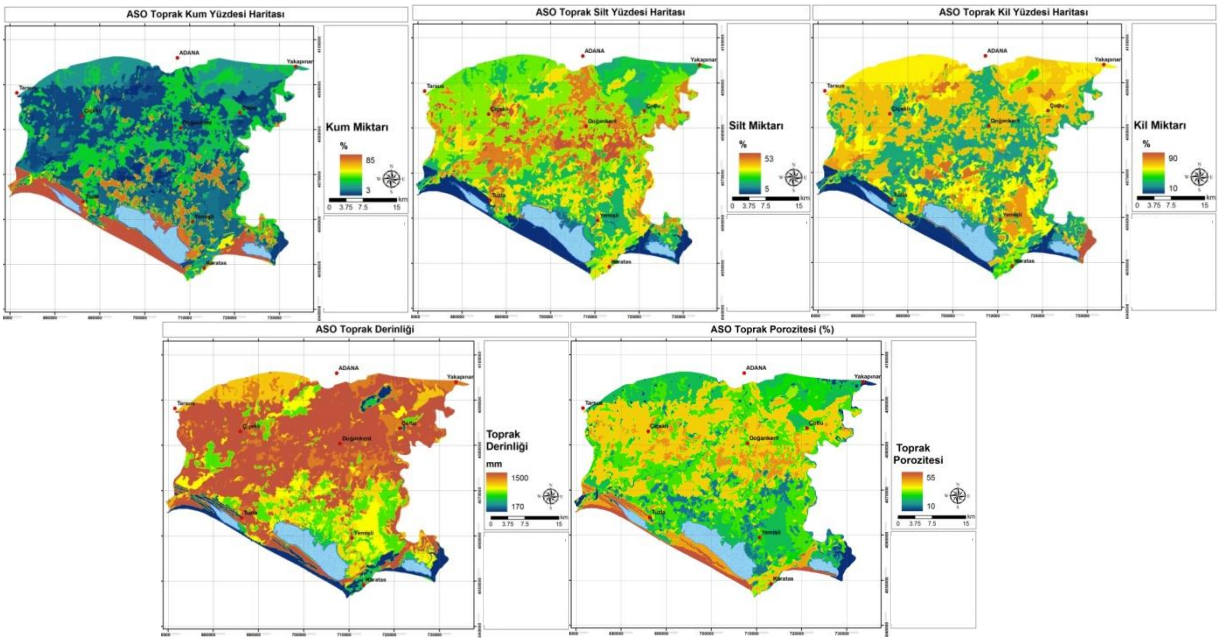
4.1. Ürün Gelişimi İçin Temel Kriterler

Toprak verileri doğrudan Dinç ve ark. (1990) çalışmasından alınarak sayısal ortama aktarılmıştır. Bu veri 5 farklı veri tipini içermekdir (Şekil 4).
Toprak porozitesi: Toprağın içerisindeki boşluk miktarını birim alandaki yüzde olarak ifade eder. Bu değer aynı zamanda toprağın su tutma kapasitesi ile ilişkilidir. Toprak nemi, su tutma kapasitesiyle doğru orantılıdır.
Toprak tekstürü: Toprağın kil, kum ve silt yüzdesidir. Toprak parçacıklarının genişliğiyle ilgilidir. Kil miktarı fazla topraklarda su drenajı sorunu olur. Kum miktarı fazla topraklarda ise su tutma sorunları yaşanır. Buna karşın, kumlu topraklar killi topraklardan daha sıcak olur. Ayrıca, toprağın hava alması ve havadan azot gibi yaşamsal minerallerin toprağa bağlanması açısından da tekstür önemlidir.
Toprak derinliği: Bitki kök gelişimi açısından yaşamsal bir veridir. Ayrıca, toprak derinliği bitkinin suya ulaşmasında da önemli bir faktördür. Derin topraklarda eğer kum miktarı fazla ise su hızlı drene olur ve dibe iner. Bu koşullarda kazık kök yapabilen bitkiler daha iyi gelişirler.
İklim verileri temelde iki farklı kriterle değerlendirilmiştir:
Toplam yağış: Çukurova Bölgesi genelinde buğday yetiştiriciliği aşırı kurak geçen sezonlar dışında sulamasız yapılır. Bu nedenle buğday gelişim dönemleri içerisindeki toplam yağış ve bu yağışın dağılımı önemlidir (Şekil 5).
Gelişme günleri sıcaklığı (GGS): Bu değerin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır:

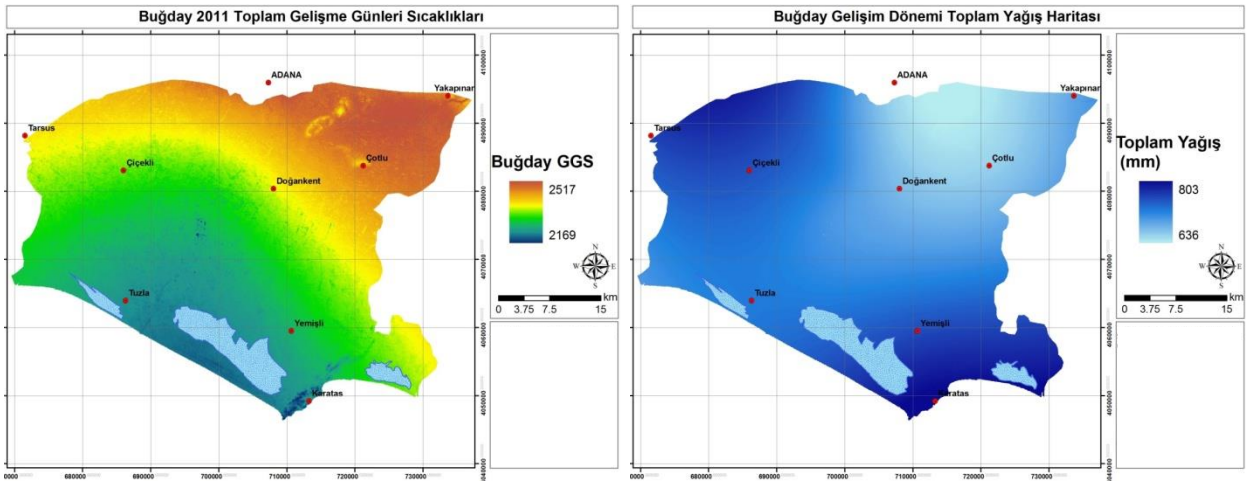
$$(T_{mak} - T_{min} / 2) - T_b \qquad (1)$$

T_{max} : Maksimum sıcaklık
T_{min} : Minimum sıcaklık
T_b : Temel sıcaklık (bitkinin fotosentez yapmaya başladığı sıcaklık).

İlgili sıcaklık haritaları, çalışma alanında yer alan 10 iklim istasyonundan 2010 – 2011 yılı buğday gelişim dönemi esas alınarak ince yüzey yumuşatma algoritması yardımıyla interpolasyonu yapılıp, grid formatında üretilmiştir (Şekil 5).

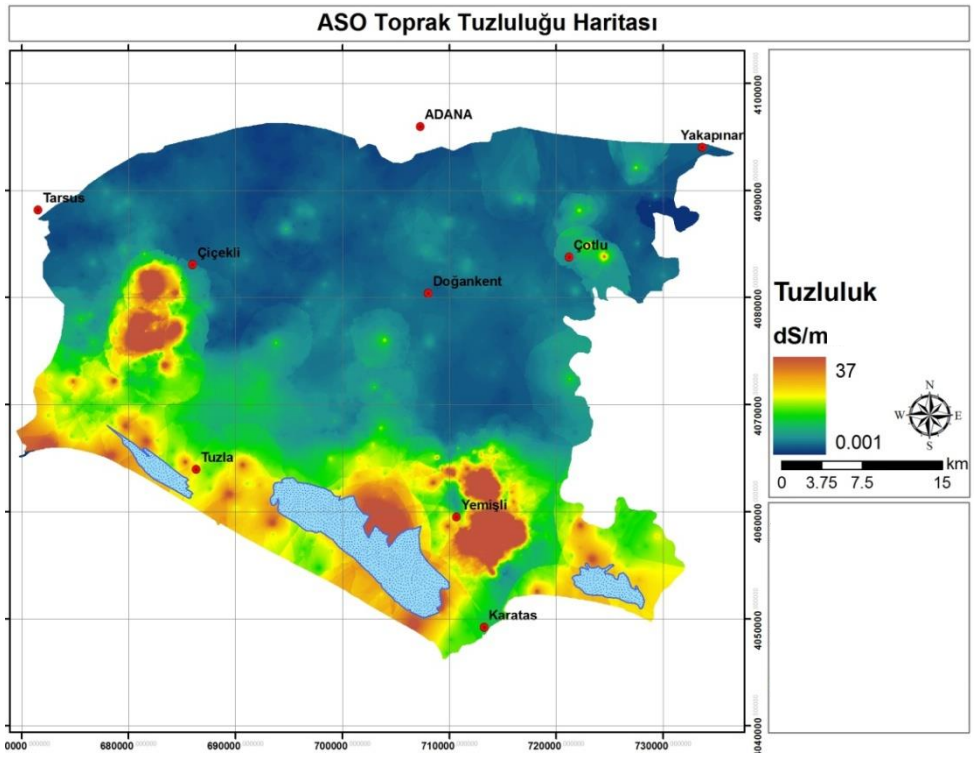


Şekil 4. Toprak tekstürü, derinliği ve toplam porozitesi düzenlenmiş veri seti (Dinç ve ark. 1990'dan uyarlanmıştır)



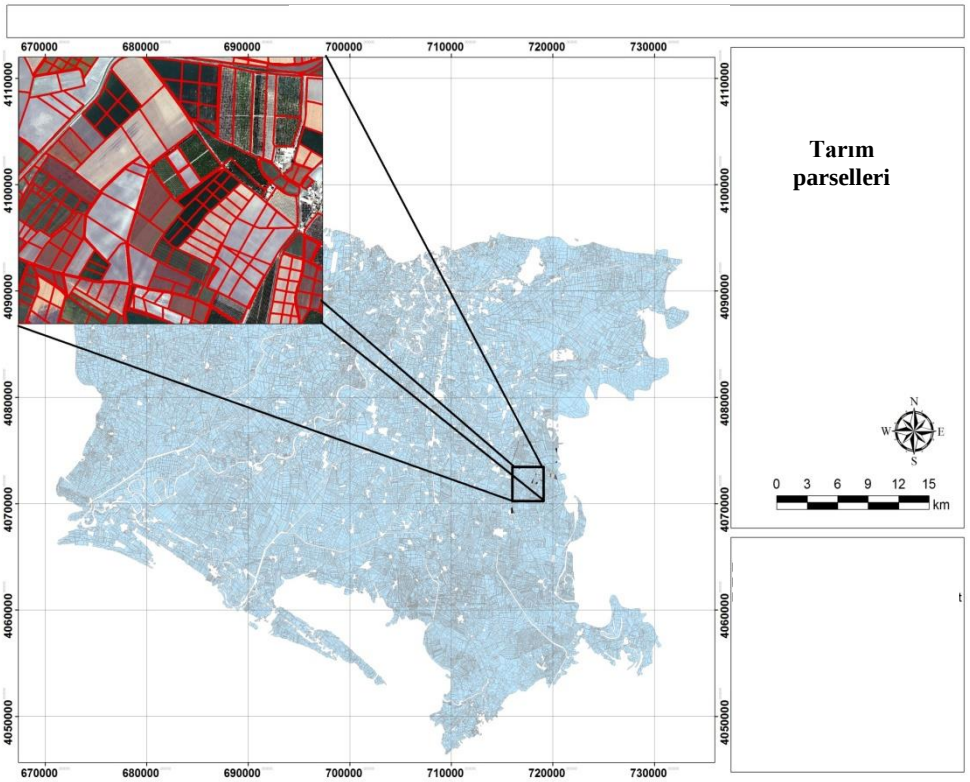
Şekil 5. Buğday gelişim dönemi üretilmiş iklim verileri (GGS ve toplam yağış).

Bölgesel risk faktörü olarak toprak tuzluluğu dikkate alınmıştır:
Toprak tuzluluğu verisi: Bu veri doğrudan Şatır, (2013) çalışmasından temin edilmiştir. Yaklaşık 2262 kadar doğrudan toprak tuzluluğu ölçümü Ağustos 2010 yılında yapılmış ve radyal tabanlı fonksiyon yöntemi kullanılarak haritalanmıştır. Bu haritalamanın sonucu 414 nokta ile test edilmiş ve 1.32dS/m ortalama hatayla toprak tuzluluğu haritalanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Aşağı Seyhan Ovası Maksimum Toprak Tuzluluğu Haritası

Kısıtlayıcılar Şatır, (2013) çalışmasında belirlenen tarımsal ürün deseni haritasındaki tarım alanları dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, mevcut yerleşim, su yüzeyleri, yollar, kanallar, önemli koruma sahaları ve tarım yapılamayacak kumul alanları değerlendirmeden çıkarılmıştır (Şekil 7).

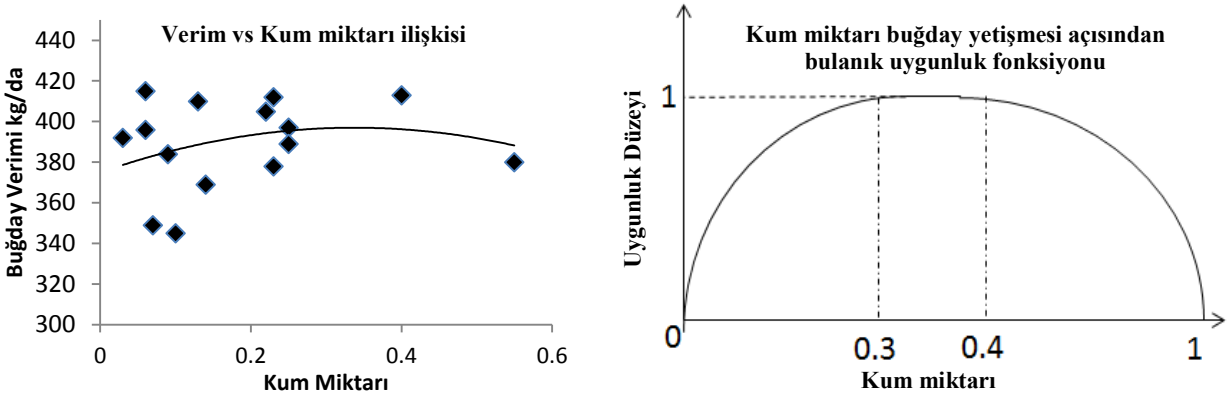


Şekil 7. Kısıtlayıcı alanlar dışında kalan tarım yapılabilecek araziler

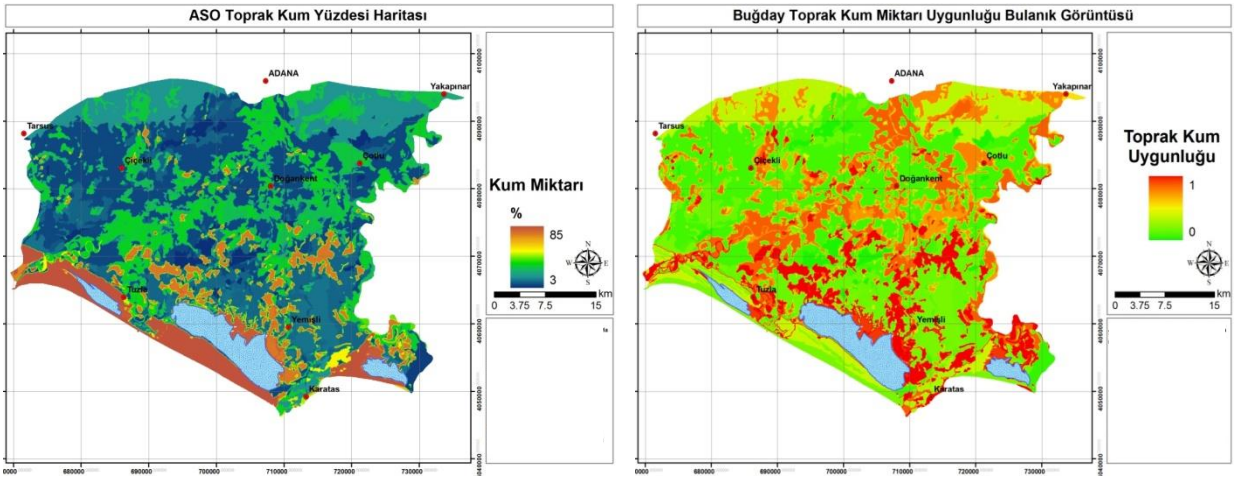
4.2. Bulanık Veri Standardizasyonu

Çok kriterli yersel veri analizleri yapılırken her bir kritere ait olan en yüksek ve en düşük değerler kendi içerisinde farklılıklar göstermektedir. Örneğin; toprak derinliği değerleri 300 – 1500mm arasında değişirken, toprak kil yüzdesi verileri 5 – 100 arasında değişiklik göstermektedir. Eğer toprak kil miktarı toprak derinliğinden daha önemli bir kriterse bu durumda rakamsal farklılıklar nedeniyle sabit bir ağırlık verilmesi mümkün olmamaktadır. Bunun sonucunda da her bir verinin diğerine göre rakamsal ağırlığı sübjektif olarak değişmektedir. Bu nedenle, Veri standardizasyonu, sübjektif değerlendirmenin ortadan kaldırılması için gerekli bir aşamadır. Geleneksel sıradan veri standardizasyon işlemlerinde kategorik standardizasyon uygulanmaktadır. Yani veriler 1-2-3…n şeklinde uygunluk değerlerine göre standardize edilmektedir. Bulanı veri standardizasyonu ise sonuç olarak sürekli tipte bir veri oluşturur. Bu standardizasyon 0 – 1 veya 0-100 veya tüm kriterlerin global maksimum – minimum değerlerine göre yapılabilir. Böylece 0.1 gibi ara değerlerde uygunluk analizine eklenerek çok daha doğru ve detaylı veri analiz imkanı sağlar.

Veriler standardize edilirken en önemli etken optimal ve minimal değerlerin belirlenmesidir. Bu çalışmada, değerler belirlenirken buğday verimi ve her bir kriterin sayısal değerleri arasındaki ikili ilişki eğrisi temel alınmıştır. Örneğin; toprak kum yüzdesi ve buğday verimi ilişkisine bakıldığında %30-%40 arası kum içeren topraklarda buğday veriminin yüksek olduğu ve bu oranın 0 veya 100'e yaklaştıkça düştüğü belirlenmiştir. Bu noktada gaussian eğrisine bağlı bir bulanık fonksiyon tercih edilmiş ve toprak kum miktarı verisi bu fonksiyona göre standardize edilmiştir (Şekil 8 ve 9).



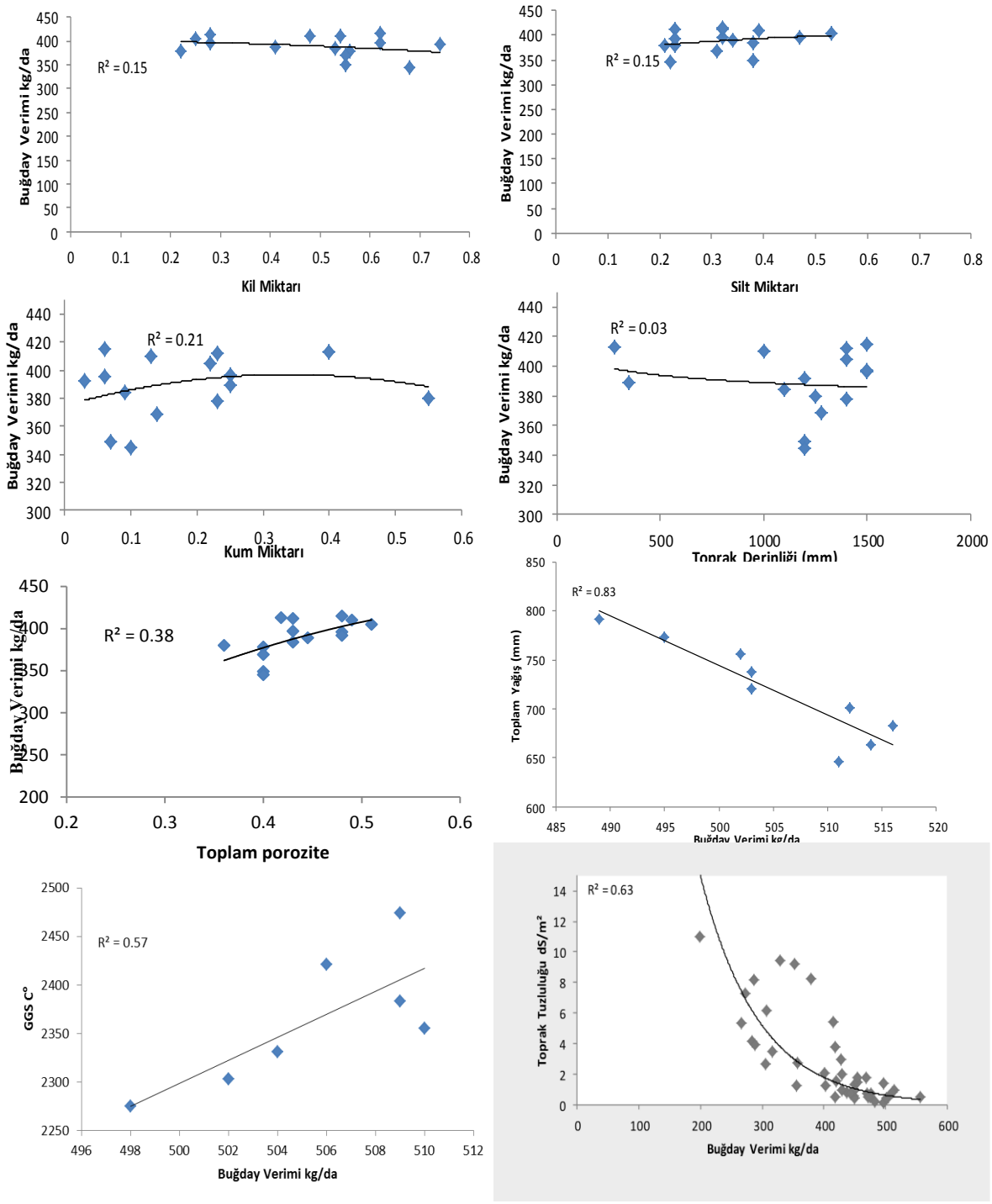
Şekil 8. Toprak kum miktarı ve buğday verimi arasındaki ilişki eğrisi ve bulanık standardizasyon fonksiyonu



Şekil 9. Buğday yetişme koşulları toprak kum miktarı bulanık standardizasyon haritası

4.3. AHS Yardımıyla Verim Tabanlı Ağırlıklandırma

Bu çalışmada uygulanan kriterlerin ağırlıklandırma stratejisi tamamen buğday ürün verimliliğine bağlı olarak yapılmıştır. Çalışma alanındaki çiftçilerin gübre ve sulama uygulamaları ile ilaçlama uygulamaları büyük oranda homojen olduğundan, (Çetin ve ark. 2011) verimdeki değişikliklerin büyük bir kısmı iklim, toprak ve çeşitli risk koşullarına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Her bir kriter buğday verimliliğiyle ikili olarak ilişkilendirilmiş ve tanımlama katsayılarıyla ilişki eğrileri belirlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Kriterler ve buğday verimi arasındaki ikili ilişki şekli ve tanımlama katsayıları (ilişki düzeyleri)

Her bir ilişki düzeyine ve şekline bakıldığında, özellikle toplam yağış (R^2 0.83), GGS (R^2 0.57), toprak tuzluluğu (R^2 0.63) ve toplam porozitenin (R^2 0.38) buğday ürün verimiyle %95 güven aralığında anlamlı bir ilişki içerisinde olduğu saptanmıştır. Toplam yağış 600mm civarında buğday verimi en yüksek iken 800mm 'ye doğru bir düşüş vardır. Buğday kurak iklim bitkisi olduğundan yağış miktarı 600mm'nin üzerine çıktıkça verim de düşme eğilimine girmektedir. Buğday verimi ve gelişme günleri sıcaklığı (GGS) arasındaki ilişki ise doğru orantılıdır. Sıcaklık periyodu arttıkça buğday verimi de artma eğilimindedir. Toprak tuzluluğu ve buğday verimi ise ters orantılıdır. Verimin yüksek olduğu bölgelerde tuzluluk düşüktür. Toplam porozite ise toprağın su tutma kapasitesiyle ilişkili olduğundan buğday verimiyle doğru orantılıdır. Topraktaki su tutma yeteneği fazla ise buğday gelişimi daha iyi olmakta ve verim artmaktadır.

Diğer kriterlere bakıldığında %95 güven aralığında yakalanan ilişkiler anlamsız olsa da, bölgesel olarak mantıklı açıklamalar getirilebilmektedir. Toprak kil miktarı arttıkça verim düşmektedir. Bunun nedeni, killi

toprakların su geçirmez ağır bünyeli olması ve bitki kökünün yeterince su alamamasıdır. Kum miktarı ise toprakta çok yada az olmamalıdır. Böylece, toprak geçirgenliği ve drenaj yeteneği olmalı, bu sayede de kök daha rahat gelişebilmeli ve su alabilmelidir. Toprak derinliği arttıkça verim düşme eğilimindedir. Bu durum orta Anadolu' da ters bir eğilim göstermektedir. Bunun nedeni, bölgesel yağışın buğday gelişimi için yeterli olmasıdır. Böylece kçkler derine inme ihtiyacı duymazlar ve yüzeye yakın gelişirler. Orta Anadolu'da ise yağış az olduğu için derin topraklar buğday gelişiminde önemlidir (Şekil 10).

Analitik hiyerarşi süreci her bir kriterin ikili olarak değerlendirilmesi sonucunda ağırlık katsayılarının belirlenmesini amaçlar. Bu doğrultuda her bir kriterin buğday verimiyle ikili ilişkileri sonucunda elde edilen tanımlama katsayıları ikili olarak karşılaştırılmıştır. Ancak bölgesel risk faktörü olarak toprak tuzluluğu bu ağırlıklandırma sürecinden ayrı tutulmuştur. Bunun nedeni, tuzluluk faktörü aynı zamanda bir yetişme kısıtlaması getirdiğinden, aşırı tuzlu alanlarda hiçbir tarımsal faaliyet yapılamamaktadır. Ancak bu veri AHS sürecinde bir kriter olarak ele alındığında diğer faktörler gibi bir ağırlık verilmekte ve aşırı tuzlu alanlarda da ürün yetişmesi mümkün olmaktadır. Bu şekilde bir değerlendirme sübjektif olacağından dolayı, Toprak tuzluluğu verisi sonuç değerlendirmesinde ayrıca ele alınmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. AHS ikili karşılaştırma matrisi ve hesaplanan ağırlık katsayıları

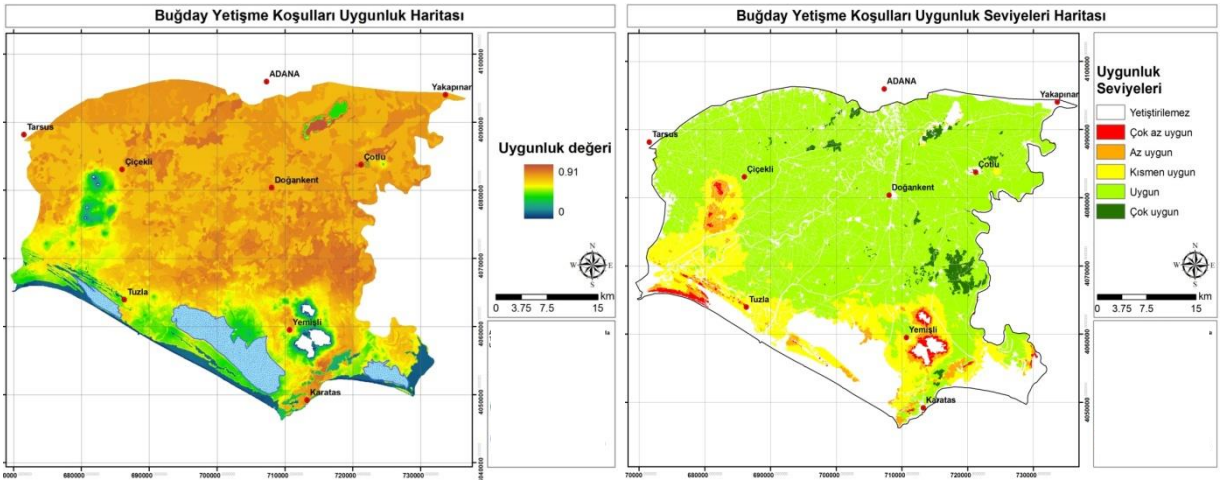
Kriterler	Toplam porozite	Kil	Silt	Kum	Yağış	GGS	Ağırlık
Toplam porozite	1	2.53	2.53	1.9	0.46	0.69	0.168
Kil	0.39	1	1	0.75	0.18	0.27	0.066
Silt	0.39	1	1	0.75	0.18	0.27	0.066
Kum	0.53	1.33	1.33	1	0.24	0.36	0.088
Yagis	2.18	5.53	5.53	4.15	1	1.50	0.36
GGS	1.44	3.66	3.66	2.75	0.66	1	0.243
TOPLAM	5.95	15.06	15.06	11.3	2.72	4.11	1

Bu kapsamda, çok kriterli analiz fonksiyonu risk faktörü dahil edilerek aşağıdaki şekilde uygulanmıştır;

$((K_1 * W_1 + K_2 * W_2 + K_3 * W_3 \ldots\ldots. Kn * Wn)/Kn * Rf = Un) - Kf)$ (2)

K: her bir kriteri
W: her bir kriter için ağırlık katsayısını
Rf: standardize edilmiş bölgesel risk faktörünü
Un: Her bir kullanım için uygunluk sonucunu
Kf: Kısıtlayıcı faktörleri ifade etmektedir.

Bu fonksiyona bağlı olarak buğday gelişimi için uygun alanlar belirlenmiş ve daha iyi algılanabilmesi için FAO sınıflama kriterlerine göre 5 farklı kategoride sınıflanmıştır (Şekil 11).



Şekil 11. Buğday yetişme koşulları uygunluğu ve uygunluk seviyeleri haritası

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ürün verimliliğine dayalı tarımsal ürün yetiştirme alanları uygunluğu için buğday ürünü bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu kapsamda, belirlenen 7 farklı kriter ve kısıtlayıcılar yardımıyla buğday ürün gelişimi için uygun alanlar ve uygunluk düzeyleri belirlenmiştir. Kriterlerin standardizasyonu ve ağırlıklandırma aşamalarında, objektif değerlendirme yapılabilmesi açısından, buğday ürün verimliliği bağımlı veri olarak

kullanılmıştır. Buğday alanlarının uygunluklarının belirlenmesinde öncelikli olarak iklimsel koşulların, sonrasında ise toprak tuzluluğu ve toprak su tutma kapasitelerinin etkili olduğu saptanmıştır. Toprak tuzluluğunun 11 dS/m ve üzerinde olan yerlerde yetişmediği saptanmıştır. Buğday için optimal yağış 600mm civarı olarak hesaplanırken, bu yağış miktarı arttıkça verimde kademeli olarak düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Gelişme günleri sıcaklıklarına bakıldığında, buğday alanlarının dönemsel sıcaklık değerleri arttıkça veriminde doğru orantılı olarak arttığı belirlenmiştir. Ayrıca toprak içerisindeki hava miktarıyla verimin ilişkili olduğu, aradaki bağıntının doğru orantılı olduğu saptanmıştır. Kategorik değerlendirme sonucunda Aşağı Seyhan Ovası'ndaki tarım alanlarının buğday yetiştirilebilme durumları değerlendirildiğinde %93'lük kısmında buğdayın çok uygun veya uygun alanlarda yetiştirilebileceği saptanmıştır.

Çizelge 3. Buğday yetişme koşullarına göre uygunluk kategorileri ve alanları

Kategoriler	Alan (ha)
Yetiştirilemez	1438
Çok az uygun	2049
Az uygun	5664
Kısmen uygun	27043
Uygun	122317
Çok uygun	3858

Bir ürünün ideal yetişme ortamı belirlenirken, ürün tipi aynı olsa bile, bölgesel olarak adaptasyondan kaynaklı gelişim farklılıkları ve buna bağlı olarak da ekolojik isteklerinde farklılıklar bölgeden bölgeye değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, buğdayın Orta Anadolu Bölgesindeki uygun alanlarının belirlenmesi gibi analizlerde bu çalışmaya bağlı bazı kabuller yapılabilse de ağırlıklar aynen kullanılamaz. Yöresel verime bağlı olarak aynı kriterler tekrar değerlendirilmelidir. Ancak, Akdeniz iklimine sahip ve deniz seviyesine yakın yüksekliklerdeki düz alanlarda bu kabuller kullanılabilir. Diğer yöresel çalışmalarda da yöntemler bütünü örnek alınarak benzer analizler yapılabilir.

KAYNAKLAR

Carver, S.J. 1991. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. International Journal of Geographical Information Systems, vol: 5, pp. 32 1-339.

Dinç, U., Sarı, M., Şenol, S., Kapur, S., Sayın, M., Derici, M.R., Çavuşgil, V., Gök, M., Aydın, M., Ekinci, H., Ağca, N., Schlichting, E. 1990. Çukurova Bölgesi Toprakları, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yardımcı Ders Kitabı No:26, Adana.

FAO, 2002. Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Agriculture: towards 2015 – 2030 summary report. Rome, 2002.

Janssen, R. Rietveld, P. 1990. Multi-criteria analysis and geographical information systems. An application to agricultural land use in the Netherlands. In: Scholten, H.J., Stillwell, J.C.H. (Eds.), Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning, Dordrecht., Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 129–139.

Malczewski, J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. Progress in Planning 62, 3–65.

Saaty, T. 1980. The Analytical Hierarchy Process. John Wiley, New York.

Şatır, 2013. Aşağı Seyhan Ovası'nda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı ABD. Adana.

TUİK, 2013. Türkiye istatistik kurumu temel istatistikler veri tabanı, http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist, Erişim tarihi: 07.08.2013.

UN (United Nations), 2013. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Population Estimates and Projections Section, World population prospects: the 2012 revision. http://esa.un.org/unpd/wpp/Excel-Data/population.htm, Erişim tarihi: 05.04.2013.

WB (World Bank), 2013. World Bank data catalog, agricultural land (% of land area). http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.AGRI.ZS/ , Erişim tarihi: 05.04.2013.