



**YANGIN RİSK VE TEHLİKE HARİTALARININ OLUŞTURULMASINDA  
KULLANILACAK KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**Mehmet BOYATAN**

**Yüksek Lisans Tezi  
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman  
Prof. Dr. Bülent SAĞLAM**

**2019**

**Artvin**

**T.C.  
ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YANGIN RİSK VE TEHLİKE HARİTALARININ OLUŞTURULMASINDA  
KULLANILACAK KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mehmet BOYATAN**

**Danışman  
Prof. Dr. Bülent SAĞLAM**

**Artvin 2019**

## TEZ BEYANNAMESİ

Artvin oruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yangın Risk ve Tehlike Haritalarının Oluşturulmasında Kullanılacak Karar Destek Sistemlerinin Geliştirilmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Bülent SAğLAM’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 24/07/2019

**Mehmet BOYATAN**

**İmza**



**T.C.**  
**ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

YANGIN RİSK VE TEHLİKE HARİTALARININ OLUŞTURULMASINDA  
KULLANILACAK KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Mehmet BOYATAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12/06/2019

Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 19/07/2019

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bülent SAĞLAM

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Mehmet YAVUZ

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Bahar DİNÇ DURMAZ

ONAY:

Bu Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 19/07/2019 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

.../.../.....

Doç. Dr. Hilal TURGUT  
Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

"Yangın Risk ve Tehlike Haritalarının Oluşturulmasında Kullanılacak Karar Destek sistemlerinin Geliştirilmesi" konusunda yapılan bu çalışma; Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam sırasında araştırma konusunun seçiminden çalışmanın sonuçlandırılmasına kadar her aşamada desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübesinden yararlandığım değerli danışman hocam Prof. Dr. Bülent SAĞLAM'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, bu çalışma süresince de hep yanımda olan eşime, hayata daha farklı açılardan bakmamı sağlayan çocuklarıma ve iyi bir "*insan*" olabilmem için her türlü mücadele ve fedakârlığı gösteren aileme sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet BOYATAN

Artvin – 2019

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

<b>TEZ BEYANNAMESİ</b> .....	<b>I</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>I</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>II</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>IV</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>V</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>VI</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>VII</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>VIII</b>
<b>1 GENEL BİLGİLER</b> .....	<b>1</b>
1.1 Giriş .....	1
1.2 Literatür Özeti .....	5
1.2.1 Sistem Yazılımı .....	5
1.2.1.1 C# Programlama Dili.....	6
1.2.1.2 Esri ArcMap10 .....	8
1.2.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Ormancılıktaki Önemi.....	10
1.2.2.1 CBS'nin Faydaları.....	13
1.2.2.2 CBS'nin Kullanım Alanları .....	14
1.2.2.3 CBS'de Veri Yapısı.....	14
1.2.2.4 CBS'nin Temel Bileşenleri .....	17
1.2.3 Microsoft Access Veri Tabanı .....	18
1.3 Karar Destek Sistemi (KDS).....	19
1.3.1 Orman Yangın Yönetiminde Karar Destek Sistemleri .....	22
<b>2 MATERYAL VE METOD</b> .....	<b>27</b>
2.1 Kavramsal Çerçeve.....	27
2.1.1 Kavramsal tasarım.....	28
2.2 Kullanılan Materyal.....	30
2.3 Yangın Karar Destek Sisteminin Tasarımı .....	31
2.4 Karar Destek Sisteminin Bir Yönetim Aracı Olarak Uygulanması.....	40
2.4.1 Araştırma Alanı .....	40

2.4.2	Araştırma Alanı Veri Tabanı .....	41
<b>3</b>	<b>BULGULAR ve TARTIŞMA.....</b>	<b>42</b>
3.1	Sistem Ara Yüzü.....	42
3.1.1	Parametre Modülü .....	43
3.1.2	Parametre Ağırlıkları.....	44
3.1.3	Veri Tabanı Kontrolü .....	45
3.1.4	Yangın Risk Haritası .....	46
3.1.5	Yangın Tehlike Haritası.....	47
3.2	Karar Destek Sisteminin Dört Yol Planlama Biriminde Uygulanması .....	47
3.2.1	Dört Yol Planlama Birimi Kullanılarak Yangın Risk Haritasının Oluşturulması ....	47
3.2.2	Dört Yol Planlama Birimi Kullanılarak Yangın Tehlike Haritasının Oluşturulması .....	49
<b>4</b>	<b>SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>	<b>51</b>
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>53</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>61</b>

## ÖZET

### YANGIN RİSK VE TEHLİKE HARİTALARININ OLUŞTURULMASINDA KULLANILACAK KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Yangın yönetimi; yangın öncesi planlama, yangınların tespiti ve gözetimi, yangın söndürme ve yangın sonrası değerlendirme gibi bölümlerden oluşmaktadır. Yangın öncesi planlamalarda en önemli hususlardan birisi yangın risk ve tehlikesinin önceden belirlenerek hassas alanlara yönelik gerekli tedbirlerin alınmasıdır. Bu bakımdan yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulması, yangın afetini ve yangının sebep olacağı hasarları önlemede önemli bir altlık durumundadır.

Bu çalışmada yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulmasında kullanılacak karar destek sisteminin geliştirilmesinde kavramsal tasarım, sistem tasarımı, sistem yazılımı (ara yüz ve kodlama) ve test aşamaları takip edilmiştir. Geliştirilen karar destek sistemi ile meşcere, eşyükselti, yol, dere ve yerleşim alanı gibi haritalar değerlendirilerek planlama birimi, işletme müdürlüğü veya bölge müdürlüğü bazında yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulması sağlanmıştır. Bunun için yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulmasında karar destek mekanizmasını hızlandırmak amacıyla CBS ortamında (ArcGIS) dinamik bir modül (Add-in) oluşturulmuştur. Bu amaç için oluşturulan sistemin örnek uygulaması, Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğü (OİM) alanlarında yapılmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda, Dört Yol OİM toplam ormanlık alanının %5,1'i (1.098,6 ha) çok düşük, %10,1'i (2.117,5 ha) düşük, %22,5'i (4.735,7 ha) orta, %12,5'i (2.648,6 ha) yüksek ve %49,8'i (10.539,9 ha) ise çok yüksek riskli olduğu belirlenmiştir. Yangın tehlikesi açısından ise toplam ormanlık alanın %74,8'i (15.007,1 ha) çok düşük, %5,3'ü (1.070,9 ha) düşük, %10,4'ü (2.087,8 ha) orta, %8,5'i (1.720,9 ha) yüksek ve %1,0'i (154,9 ha) ise çok yüksek tehlikeli olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma orman yangınlarıyla mücadele çalışmaları kapsamında başta uygulayıcılara olmak üzere bilim camiasına da önemli katkı yapacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Yangın Tehlike Haritası, Yangın Risk Haritası, Karar Destek Sistemi, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Orman Yangını



## SUMMARY

### THE DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR FIRE RISK AND DANGER MAPS

Fire management includes parts such as pre-fire planning, detection and monitoring, fire suppression, and post-fire evaluation. One of the most important issues in pre-fire planning is to determine fire risk and danger in advance and to take the necessary precautions for sensitive areas. In this respect, preparation of fire risk and danger maps is an important step in preventing fire disasters and damages.

In this study, conceptual design, system design, system software (interface and coding) and test stages have been followed in the development of the decision support system to be used in the preparation of fire risk and danger maps. With the created decision support system, maps such as stand, contour, road, stream and settlement area were evaluated and fire risk and danger maps were created on the basis of planning unit, state forest enterprise or regional directorate. For this purpose, a dynamic module (Add-in) has been created in GIS environment (ArcGIS) in order to accelerate the decision support mechanism in creating fire risk and danger maps. The sample application of this system was carried out in the areas of Kahramanmaraş Forest Regional Directorate, Dörtyol State Forest Enterprise (SFE).

According to the results of the study, 5.1% (1,098.6 ha) of the total forest area of Dörtyol SFE was very low, 10.1% (2,117.5 ha) low, 22.5% (4,735.7 ha) medium, 12.5% (2,648.6 ha) high and 49.8% (10,539.9 ha) very high in terms of forest fire risk. In terms of fire danger, 74.8% (15,007.1 ha) of the total forest area was very low, 5.3% (1,070.9 ha) low, 10.4% (2,087.8 ha) medium, 8.5% (1,720.9 ha) high and 1.0% (154.9 ha) in very high fire danger class. The results of this study will make an important contribution to the scientific knowledge and especially to the practitioners within the scope of forest fire fighting activities.

**Key Words:** Fire Danger Map, Fire Risk Map, Decision Support System, Geographic Information Systems, Forest Fire

## TABLolar DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Dünya’da kullanılan KDS’ler (Coşkuner, 2018).....	24
Tablo 2. Yangın riskinde kullanılan parametreler ve yangın risk değerleri (Sivrikaya vd., 2014) .....	33
Tablo 3. Yangın Riski İndeks Aralıkları .....	35
Tablo 4. Yangın tehlikede kullanılan kullanılan parametreler ve yangın tehlike değerleri. (Sivrikaya vd., 2014).....	38
Tablo 5. Yangın Tehlikesi İndeks Aralıkları .....	40

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1. C# Programlama dilinin çalışma şeması .....	8
Şekil 2. Tanımlayıcı ve Mekansal Veriler .....	15
Şekil 3. Vektör Veriler .....	16
Şekil 4. Raster Verilerin Görünümü .....	17
Şekil 5. Raster ve Vektörel Verilerin Birlikte Kullanılması.....	17
Şekil 6. KDS Katmanları.....	21
Şekil 7. Karar destek sisteminin geliştirilme aşamaları .....	28
Şekil 8. Yangın Risk Haritasının Oluşum Şeması.....	32
Şekil 9. Yangın Tehlike Haritasının Oluşum Şeması .....	37
Şekil 10. Visual Studio 2010 Platformu.....	42
Şekil 11. Yangın KDS'de Kullanılan Access Veri Tabanı Görüntüsü.....	43
Şekil 12. Yangın KDS programının ArcMap 10 içinde Görüntüsü .....	43
Şekil 13. Yangın KDS Parametreleri.....	44
Şekil 14. Yangın Risk Haritası Modeli ve Katsayıları .....	44
Şekil 15. Yangın Tehlike Haritası Modeli ve Katsayıları .....	45
Şekil 16. Meşcere Haritasının Veri Tabanı Kontrolü .....	46
Şekil 17. Yangın Risk Haritası Girdileri.....	46
Şekil 18. Yangın Tehlike Haritası Girdileri .....	47
Şekil 19. Yangın KDS sistemi ile Dörtüyl Planlama Birimine İlişkin Yangın Risk Potansiyel Analizi .....	48
Şekil 20. Yangın KDS sistemi ile Dörtüyl Planlama Birimine ilişkin Yangın Tehlike Potansiyel Analizi .....	49

## KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CFDERS	: Kanada Orman Yangınları Tehlike Oranları Sistemi
CLR	: Common Language Runtime (Ortak Dil Çalışması)
DLL	: Dynamic Link Library (Dinamik Bağlantı Kütphanesi)
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
ECMA	: European Computer Manufacturers Association (Avrupa Bilgisayar Üreticileri Birliği)
EFFIS	: European Forest fires Information System (Avrupa Orman Yangınları Bilgi Sistemi)
GEF	: Küresel Çevre Fonu
ha	: Hektar
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OİM	: Orman İşletme Müdürlüğü
KDS	: Karar Destek Sistemi
WFDSS	: Yangın Karar Destek Sistemi
FSPro	: Konumsal Yangın Yayılış Modeli
FireDST	: Fire Impact and Risk Decision Support Tool (Yangın Etkisi ve Risk Karar Destek Aracı)
PDA	: Personal Digital Assistant (Kişisel Sayısal Yardımcı)

# 1 GENEL BİLGİLER

## 1.1 Giriş

Akciğerlerimiz olarak ifade edebileceğimiz orman ekosistemleri, dünyanın 1/3'ini kaplayan 4 milyar hektar büyüklüğünde olup, biyolojik çeşitliliğin %75'ini oluşturmaktadır (OGM, 2019). Ormanlar iklimin dengesini sağlama, toprak, su ve biyolojik çeşitliliği koruma gibi canlıların yaşamlarını sürdürebilmesi için son derece hayati olan birçok fonksiyona sahiptir. Fakat bu fonksiyonlar hastalıklar, böcek istilaları, kuraklık, plansız yerleşimler ve tarımsal uygulamalar yapılarak ormanın işgal edilmesi gibi ormanın devamlılığını ve sürdürülebilirliğini risk altına sokan etkenler tarafından tehdit altında bulunmaktadır. Bu etkenler arasında orman yangınları, en önemli zarar verici unsulardan bir tanesi olarak görülmektedir (Kuter vd., 2011). Orman yangınları her yıl binlerce hektar alanı etkilemektedir ve orman ekosistemlerinde çarpıcı değişikliklere neden olmaktadır (Goldammer ve Mutch, 2001). Türkiye, Yunanistan, İspanya, İtalya, Fransa ve Portekiz gibi Akdeniz İklim bölgesinde yer alan ülkelerin ortak sorunlarından birisi de orman yangınlarıdır.

Dünyadaki yangınlarda her yıl yaklaşık 4.000.000 hektar, Akdeniz bölgesindeki yangınlar da ise ortalama 450.000 ile 500.000 hektar orman alanı zarar görmektedir (Versini vd., 2013; Turco vd., 2014; Tonini vd., 2017). Bu nedenle yangın açısından Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü ülkeler özel bir önem arz etmektedir. Akdeniz ülkelerinde 2007 ile 2017 yılları arasında meydana gelen yangınlar incelendiğinde Avrupa Orman Yangınları Bilgi Sistemi (EFFIS) verilerine göre, Akdeniz iklim kuşağındaki Avrupa Ülkelerinde 10 yıllık (2007-2016) ortalama yangın başına yanan alan miktarı Yunanistan'da 41,98 ha, İtalya'da 12,72 ha, İspanya'da 6,83 ha, Portekiz'de 4,6 ha, Türkiye'de 3,73 ha, Fransa'da 2,65 ha'dır. (OGM,2017). OGM'nin verilerine göre, ülkemizde 2007-2017 yılları arasında her yıl ortalama 2.667 adet orman yangının meydana geldiği ve ortalama 10.241 ha ormanlık alanın yanarak yok olduğu görülmektedir (OGM, 2017). Akdeniz ülkelerinde yangınla mücadelede rüzgâr, yangının yamaç üzerinde olup olmadığı ve bakı en önemli etkenler arasında görülmektedir. Yangınların yamaç yukarı eğilimi olduğu için yüksek eğimli

ormanlarda yangınların daha hızlı yayılması, yine güney bakılı yamaçların daha sıcak ve kuru olması yangınla mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Orman yangınlarıyla mücadelede her ülke kendi karar destek sistemlerini kullanmaktadır. Her ülkede kullanılan karar destek sistemleri sosyo-ekonomik, bitki örtüsü ve topografik özelliklere bağlı olarak oluşturulmuş ve genel olarak erken uyarı sistemi olarak kullanılmaktadır.

Genel olarak orman yangın yönetimi, yangın risk ve tehlikenin haritalanması, aktif yangınların gözlemlenmesi, yangına hassas alanların belirlenmesi ve yangın sonrası oluşan bozulmanın belirlenmesi olmak üzere dört adımdan oluşmaktadır (Roy, 2003). Burada yangın yönetim sisteminin ilk adımı olan yangın risk haritalaması ile orman yangınlarına neden olan faktörler analiz edilerek, yangın riski tahmin edilebilmekte ve bu şekilde yangınların sıklığını ve yangınların sebep olduğu zararları önlemek mümkün olabilmektedir (Dong vd., 2006). Bu nedenle orman yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulması yangın afetini ve yangının çıkardığı zararları önlemede önemli bir altlık teşkil etmektedir (Jaiswal vd., 2002).

Yangına hassas olan alanların yangın öncesinde haritalanması (Sağlam vd.,2008; Arıca vd., 2012; Akay vd., 2012a; Sivrikaya vd., 2014), yangın riski yüksek olan alanlarda gerekli önlemlerin alınmasını (Betanzos vd., 2003; Başaran vd., 2004), ilk müdahale ekiplerinin özellikle yangına I. derecede hassas olan alanlarda konuşlandırılmasını (Küçük ve Bilgili, 2006), yangına gidecek ekiplerin en kısa ve en güvenli yolu kullanarak yangına en kısa sürede ulaşımını kolaylaştırmakta (Akay ve Şakar, 2009; Varol vd., 2010; Akay vd., 2012b) ve yangına müdahale için gerekli altlıkların oluşturulmasını mümkün kılmaktadır (Başaran vd., 2004).

Yangın risk haritalarının oluşturulması için orman yangınlarında etkili olan faktörlerin ortaya konulması ve incelenmesi gerekmektedir. Bu da doğal ve antropojenik faktörlerin birlikte değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Dong vd., 2006). Vegetasyon, yangınların çıkması ve gelişmesi için gerekli olan yanıcı maddeyi temsil etmektedir. Doğal faktörler (vegetasyon, topoğrafya) içerisinde bulunan eğim etkeni de önemli bir etkiye sahiptir (Chuvieco ve Salas, 1996; Castro ve Chuvieco, 1998; Dong vd., 2006). Orman yangınlarında alevler eğim yukarı yönde hızlı bir şekilde hareket ederek, buradaki alanlara kolaylıkla ulaşabilmektedir. Bakı da yangınların

yayıllığını etkileyen önemli parametrelerden birisidir. Genellikle güneye bakan yamaçlar diğer yamaçlara göre orman yangınlarında daha hassastır (Castro ve Chuvieco, 1998; Durmaz vd., 2006; Sivrikaya vd., 2014). Antropojenik faktörler ise yollar, yerleşim alanları gibi insanların kullanmış oldukları belirli altyapı tesislerinin konumsal dağılımı olarak açıklanabilmektedir ve bu faktörler de orman yangınlarını etkilemektedir (Chuvieco ve Salas, 1996; Castro ve Chuvieco, 1998; Sivrikaya vd., 2014). İnsan faktöründen dolayı yerleşim yerlerine yakın olan yerlerde yangın çıkma olasılığı dolayı fazla olmaktadır (Erten vd., 2005).

Son yıllarda bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle orman yangınlarında CBS'nin rolü artmakta ve uygulanabilir sonuçlar elde edilmektedir (Jaiswal vd., 2002; Sağlam vd., 2008; Akay vd., 2012a,b; Bahadır, 2010; Özşahin, 2014; Sivrikaya vd., 2014; Sağlam vd., 2018). Coğrafi bilgi sistemleri ile yangınların modellenmesi sağlanmakta böylece yangın davranışının önceden tahmin edilmesine ve yangın sonrasında ortaya çıkan hasarın belirlenmesi gibi çalışmalarda hızlı ve yüksek doğruluk oranına sahip incelemelerin yapılmasına imkân vermektedir (Fox ve Stuart, 1994; Erten vd., 2005; Şahin ve Gümüşay, 2007; Sharma vd., 2009; Karabulut vd., 2013).

CBS tabanlı olarak gerçekleştirilen yangın risk analizlerinde (yangın risk ve tehlike haritaları), yangına neden olan parametreler (topografya, vejetasyon, arazi kullanımı, nüfus ve yerleşim alanları) kullanılarak, bu parametreler ağırlıklandırılmakta ve yangın risk indeksleri oluşturulmaktadır. Bu indekslere göre de CBS kullanılarak yangın risk ve tehlike haritaları oluşturulmaktadır (Chuvieco and Congalton., 1989; Jaiswal vd., 2002; Setiawan vd., 2004; Dong vd., 2006; Sharma vd., 2009; Ghobadi vd., 2012; Caceres vd., 2011). Ülkemizde de orman yangınlarına neden olan faktörler kullanılarak yangın risk ve tehlike haritaları elde edilmekte ve kullanılmaktadır (Kuter vd., Chuvieco ve Sales, 1996; Erten vd., 2004; Durmaz vd., 2006; Strino vd., 2007; Sağlam vd., 2008; Sowmya vd., 2010; Adab vd., 2012; Assaker vd., 2012; Karabulut vd., 2013; Sivrikaya vd., 2014, Sağlam vd., 2018).

Dünyada orman yangınlarının yönetimi kapsamında, yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulması için farklı yazılım dillerinde (Arc Avenue, Visual C++, Phyton, Java, Delphi) geliştirilmiş CBS tabanlı çok sayıda karar destek sistemi bulunmaktadır. Geliştirilen modellerin bazıları BEHAVE ve BehavePlus (meşçere

bazında yangın modeli), FARSITE (geniş alan düzeyinde yangın davranış modeli), PHOENIX Rapidfire (yangın simülasyon modeli), CFFDRS (Kanada Orman Yangınları Tehlike Oranları Sistemi), WFDSS (yangın karar destek sistemi), FSPro (konumsal yangın yayılım modeli) ve FireDST (Yangın Etkisi ve Risk Karar Destek Aracı)'dir. Ülkemizde ise yangın risk ve tehlike haritalarının yapılmasında CBS etkin bir şekilde kullanılmasına rağmen CBS destekli bir karar destek sistemi pek fazla geliştirilmemiştir. Yapılan analizler CBS'nin kullanıcıya sunmuş olduğu fonksiyonları (DEM, Slope, Aspect, Buffer, Union, Clip, vs ) kullanıcının ayrı ayrı değerlendirmesiyle gerçekleştirilmektedir. Yurtdışında geliştirilen karar destek sistemlerinde, geliştirildiği ülkelerin sosyo-kültürel durumları, topografik yapıları ve bitki örtüleri dikkate alınmaktadır. Geliştirilen bu tür model yazılımların ülkemizde doğrudan kullanılması uygun değildir. Bu nedenle, yangınla etkin mücadelede başarıyı artırmada ilk ve en önemli aşama olan yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulması için CBS destekli karar destek sisteminin geliştirilmesine gereksinim duyulmaktadır.

Yangın risk haritalaması ile orman yangınlarına neden olan faktörler analiz edilerek, yangın riski tahmin edilebilmekte ve bu şekilde yangınların sebep olduğu zararları önlemek (Dong vd., 2006) veya en aza indirmek mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı; Orman yangınlarını etkileyen topografik (eğim ve bakı), meşcere yapısı (ağaç türü, gelişim çağı ve kapalılık) ve antropojenik faktörler (yerleşim ve tarım alanları ile yola olan uzaklık) kullanılarak seçilen çalışma alanının yangın risk ve tehlike haritalarını oluşturmak için CBS (ArcGIS) ortamında kullanılacak karar destek sistemlerinin geliştirilmesidir.

ArcGIS ortamında Add-in yardımıyla C# programlama dili kullanılarak araç (tool) geliştirilmiştir. Geliştirilen karar destek sistemi ile planlama birimi, işletme müdürlüğü ve bölge müdürlüğü bazında yangın risk ve tehlike haritaları oluşturulabilmektedir. Karar destek sistemi, seçilen bir alanda (Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğü) test edilip yaygınlaştırma süreci ortaya konulmuştur.

Bu tez çalışması ile ulaşılmak istenen hedefler:

- Geliştirilen karar destek sistemi ile yangın risk ve tehlike haritaları çok daha kısa sürede ve daha güvenilir şekilde üretebilmek,



- Oluşturulan yangın risk haritaları sayesinde yangın çıkma ihtimali yüksek olan potansiyel yangın sahaları önceden belirlenerek gerekli önlemleri almak,
- Yangın tehlike haritaları sayesinde yangın davranışı hakkında bilgi sahibi olarak yangınla etkin mücadeleye katkı sağlamak,
- Geliştirilen karar destek sisteminin esnek bir yapıya sahip olmasıyla farklı parametre, yangın risk değeri, yangın risk ve tehlike modellerini dikkate alarak dinamik bir yapı oluşturmak,
- Geliştirilen karar destek sistemini, sadece yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulmasında değil aynı zamanda farklı disiplinlerin ihtiyaç duyacağı eğitim ve bakı haritalarının üretilmesinde de kullanabilmek,
- Geliştirilen karar destek sistemi ile planlama birimi, işletme müdürlüğü ve bölge müdürlüğü bazında yangın risk ve tehlike haritaları oluşturabilmektir.

Orman planlama çalışmasının temelini, verilerin uyumlu ve güvenli bir şekilde elde edilmesi, verilerin saklanması ve son kullanıcıya sunulması oluşturmaktadır. Bu nedenle orman planlamaların güncel bir şekilde sunulması için, her türlü altlık sağlayan orman haritalarının oluşturulması, güncelleştirilmesi, depolanması ve coğrafi bilgi sistemleri gibi bilgisayar destekli yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. Geliştirilen yangın karar destek sistemleri amacı, yangın çıkma riski yüksek olan orman yangınlarının daha önceden tespit edilmesini sağlamak, kontrol altına almak ve yangınla mücadelede yardımcı etken olarak görev yapmaktır.

## **1.2 Literatür Özeti**

### **1.2.1 Sistem Yazılımı**

Yangın KDS sisteminin geliştirilmesi için Visual Studio 2010 ortamı ve nesne tabanlı programlama dili olan C# Programlama dili kullanılmıştır. Program içerisinde oluşturulan Yangın KDS aracı (toolbox) ArcGIS ortamında Add-in kullanılarak ArcMap 10 ortamında geliştirilmiştir. İnternet ortamında ArcGIS ile ilgili sağlanabilen çok sayıda C# örnek program kodlarının olması, MS Access ile de doğrudan bağlantı kurup, veri tabanı ile ilgili işlemleri hızlı ve etkin şekilde yapabilmesi, C# programlama dilinin diğer avantajları da tercih sebepleridir.

Günümüzde program kodları, eskiden olduğu gibi uzun uzun yazılmamaktadır. Gelişen teknoloji, kodlamayı daha az kullanılmayı, araçlar kullanmayı önermektedir. Ancak bu durum, iyi kod yazma gerekliliğini ortadan kaldırmamaktadır. Günümüzde yapılan programların çoğu, programlama konusunda çığır açan, normal bir işlemi çok daha kolay ve hızlı bir şekilde yapmanıza olanak sağlayan Nesne Tabanlı Programlama (Object Oriented Programming) dilidir. Nesne tabanlı programlama, C#, C++ veya Java gibi profesyonel bir dil ile yazılımcının kendi sınıfını oluşturup bu sınıflardan nesnelere türetmenize olanak sağlayan ve bu nesnelere tüm işlemlerinizi gerçekleştirmenizi sağlayan programlamadır. Günümüzde programlama dillerinden özellikle mühendislik alanında en çok kullanılan grup nesneye yönelik programlama dilleridir (URL-4, 2019). Modüler bir yapıya sahip olması, üretken ve yeniden kullanılabilir modeller geliştirilebilmesi, güvenli kodların yeniden kullanımıyla verimliliğin artması, açık ve anlaşılabilir kodların kolayca yeniden gözden geçirilebilmesi nesne tabanlı dillerin ve programlamanın en önemli avantajları ve tercih sebepleridir (Başkent vd., 2001; Muzy vd., 2005).

### **1.2.1.1 C# Programlama Dili**

C# programlama dili, C dil ailesinden gelen orta seviye bir dildir. Microsoft tarafından geliştirilen yeni nesil programlama dili olan C#, ECMA (ECMA-334) ve ISO (ISO/IEC 23270:2006) uluslararası yazılım standartlarında .NET teknolojisi geliştirilmiş ve nesne tabanlı programlama dillerinin içinde en gelişmiş dillerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Daha önce Pascal ve Delphi derleyicileri ve J++ dilini de tasarlayan Anders Heljsberg ve ekibi, C# dilini de tasarlamıştır. 2002 yılında C# programlama dilinin ilk sürümü, .NET Framework 1.0 ile yayınlanmıştır. İlk sürümle birlikte Managed Code (Yönetilen Kod) özelliği gelmiştir. Bu özelliklerle birlikte birçok yazılımcının ilgisini çekmiştir. C# programlama dilinin bir sonraki versiyonu olan 2.0 ile birçok yenilik eklenmiştir. Bu yenilikler generics (genel sınıflar), partial class (kısmi sınıflar), anonim sınıflar, yineleyiciler, nullable tipler ve delegate (temsilci) yapısıdır.

C# programlama dilinin son sürümü 6.0'dır. Bu sürümle birlikte önemli eklemeler ve gelişmeler gelmektedir. Bunlardan bazıları; sözlük iklendirici, roslyn (hizmet olarak

derleyici), statik tip elemanların ad alanlarına eklenmesi, string enterpolasyonu, catch–finally bloklarında bekleme ve exception (hata) filtreleridir. Gelişen teknolojiyle birlikte C# programlama dili de çağın ihtiyaçlarını karşılamak için halen geliştirilmektedir.

C# programlama dili, hem makine dili hem de günlük konuşma diline eşit seviyedir bu nedenle orta seviye dil olarak nitelenmektedir. C# yapı olarak hem esnek, hem basit, hem taşınabilir ve hem de her tür kullanım amacına uygun olarak ön plandadır. Bu yüzden dört tane + işaretinin birleşimi olan diyez işareti (#) ile ifade edilir.

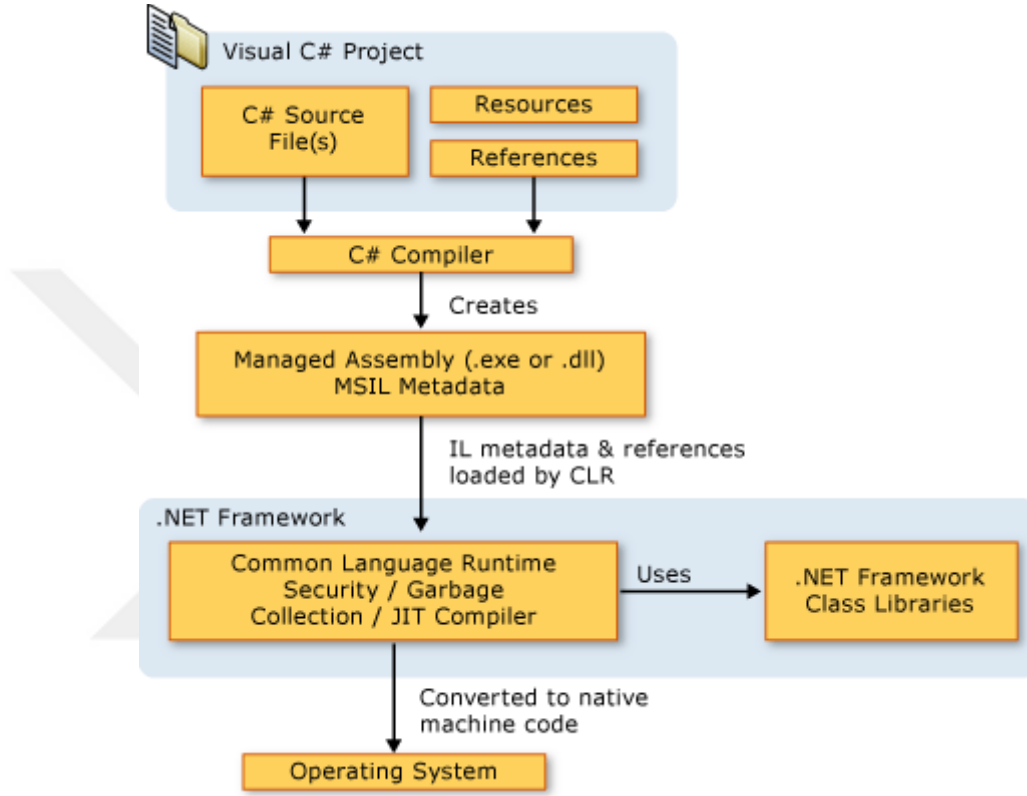
C# programlama dili ile Windows (Masaüstü) uygulamaları, web uygulamaları, console (konsol) uygulamaları, ASP.NET uygulamaları ve mobil uygulamalar (Android vs.) geliştirilmektedir. Ayrıca web servis (WCF servisleri gibi) ve DLL yazılımları da oluşturulabilmektedir.

C# programlama dili birçok özelliği barındırmaktadır. Bu özelliklerden bir kaç; platformdan bağımsız olarak çalışması, basit olması, modern olması, her tür kullanım amacına uygun olması, ileri tabanlı uygulamalar için uygun ve yeterli olması ve kaynak (source) yönetimi ile yazılan programların hafızasını çok daha verimli kullanmasıdır.

C# sadece .Net Framework yüklü olan bilgisayarlarda çalışır. Çalışma anında derleme prensibi ile çalışmaktadır. Herhangi bir proje derlendikten sonra; .NET Framework ve Common Language Runtime (Ortak Dil Çalışması) tarafından, MSIL'a (Microsoft Intermediate Language) dönüştürülerek derlenir. CLR program arasında arabirim görevinde bulunmaktadır.

C#'ta program derlenip çalıştırıldığında; Microsoft Intermediate Language Assembly formatındaki kod, .NET Framework tarafından işleme tabi tutulur ve Common Language Runtime tarafından Garbage Collection (bellek temizleme) gibi işlemlerden geçirilerek, çalışma anında derleme ( JIT) ile bilgisayar üzerinde çalışan bir makine diline dönüşür. C# programlama dili ile yazılmış bir uygulama derlendiğinde oluşan exe, win32 exe'lerine benzemez ve Portable Executable (PE) değildir. Oluşan exe'lere .NET exe'si denilir.

Bu çalışma şekli, doğrudan derlenerek çalışan başka dillerden daha yavaş olmasına sebep olsa da C# dili ile yazılan programın platformdan bağımsız olması nedeni ile daha farklı işletim sistemlerinin yüklü olduğu bilgisayarlarda da çalışmasını sağlamaktadır. Ortak Dil Çalışması (CLR) sistemi ile C# programlama dilinin, Java dilinden daha hızlı çalışmasını sağlamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. C# Programlama dilinin çalışma şeması

C# programlama dili ile yazılmış açık kaynak kodlu herhangi bir proje, Linux işletim sisteminde de çalıştırılabilir. C# bu işlevi ECMA (ECMA-334) standartlarını kullanan Mono projesi sayesinde yapabilmektedir. Ayrıca cep telefonu, tablet, PDA ve diğer el bilgisayarları gibi mobil uygulamalar için de uygulama yazılabilmektedir (URL-1,2019).

### 1.2.1.2 Esri ArcMap10

ArcMap, verilerin güncellenmesini, sözel ve grafik verilerinin görüntülenmesini, veriler üzerinde analiz ve sorgulama yapılmasını ve raporlama işlemlerinin yapılmasını yüksek kalitede kartografik sunum fonksiyonları ile sağlamaktadır.

ArcMap uygulaması, ArcGIS Desktop (Masaüstü) yazılımlarının içerisinde bütünleşik olarak gelmektedir. Geliştirilen Yangın Karar Destek Sistemi de bu şekilde oluşturulmuştur. ArcMap uygulaması CBS verileri ile ilgili analiz, grafikleme, haritalama, güncelleme, sorgulama ve raporlama fonksiyonlarını yerine getirmektedir.

*ArcGIS Desktop*; ArcToolbox, ArcGlobe, ArcCatalog, ArcMap ve Model Builder mimarilerini içinde bütünleşik olarak barındırmaktadır. CBS kullanıcılarının coğrafi verileri kullandıkları, yayınladıkları ve yönettikleri ortamdır. Bu platformda kullanıcılar, veri yayınlama, veri yönetimi, haritalama, analizler, veri güncelleme, coğrafi bilgi paylaşımı ve görüntüleme işlemleri gibi sınırsız işlemleri bir arada gerçekleştirmektedir. Farklı kullanıcıların gereksinimlerini yerine getirebilmek amacıyla ölçeklendirme işlevini de ArcGIS Desktop yapmaktadır.

*ArcInfo*; Esri tarafından üretilen tam özellikli coğrafi bilgi sistemidir ve ArcGIS Desktop ürün hattındaki en üst düzey ve dolayısıyla işlevselliğindedir.

*ArcView*; ArcGIS Desktop'ın giriş seviyesindeki lisans seviyesidir. ArcView şimdi Desktop Basic için ArcGIS olarak anılmaktadır. Ayrıca haritalama, analiz işlemleri ve verilerin çok kapsamlı bir şekilde kullanımı üzerine yoğunlaşmaktadır.

*ArcEditor*; tescilli Esri biçiminde yayınlanan mekânsal verilerin düzenlenmesi için tasarlanmış orta seviye yazılım paketidir. ArcGIS ürününün bir parçasıdır. Mekânsal Bilgi Sistemlerinde kullanılan harita, coğrafi verileri güncelleme, veri üretimi ve mekânsal veri oluşturma araçları sağlar.

*ArcCatalog*; Esri ArcGIS ürün paketinin bir parçasıdır ve ArcGIS Desktop uygulamasının her üç lisans seviyesiyle (ArcView / ArcEditor / ArcInfo) kurulur. Geodatabase yönetim görevlerini gerçekleştirmenin yanı sıra dosya tabanlı CBS verilerini yönetmek için de tercih edilen bir uygulamadır. grafik ve sözel verileri tanımlama, ilişkisel veritabanları, ArcGIS Harita Dokümanları ve uzak CBS web sunucuları dahil yönetme ve organize etme işlemlerini yapan bir uygulamadır. Ayrıca, tüm dosya tabanlı verilerin bütünleşik ve birleşik bir görünümünü sağlar (URL-2, 2019).

### 1.2.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Ormancılıktaki Önemi

CBS, mekansal verilerin dijitalleştirildiği, depolandığı, manipüle edildiği, yönetildiği, bilgi üretmek için analiz edildiği bir sistemdir (Marble vd., 1984; Clark, 1997; Esri 1999; Longley vd., 2001). CBS metodolojisi, bu özellikler sayesinde mekansal karar vermede aktif rol oynamaktadır (Tang vd., 2009). Bu teknik son zamanlarda orman yangını araştırmalarında giderek daha fazla kullanılmaya başlanmış, uygulanabilir ve etkili sonuçlar elde etmede önemli avantajlar sunmaktadır (Sharma vd., 2009; Zheng vd., 2011). CBS, tahmin, modelleme, yangının ortaya çıkmasının izlenmesi, yangın söndürme çabalarının organizasyonu, yangın sonrası hasar tespit çalışmaları ile zararın belirlenmesi gibi uygulamalarda ucuz, hızlı ve yüksek hassasiyetli analizlere izin vermektedir (Erten vd., 2004, 2005).

Dünyada yapılan araştırma ve istatistiklere göre mevcut bilgilerin yaklaşık %80'i konumsal verilerdir. Yine benzer şekilde başka bir araştırmaya göre kullanıcının isteklerini karşılamak için bölge bazlı veya şehir bazlı planlamalar hakkındaki veriler incelendiğinde yaklaşık olarak %90'ın üzerinde mekansal verilere ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir (Yomralıoğlu, 2000). Verilerin çok fazla olması ve farklı karakteristik özellikte yapılara sahip olması, verileri düzenlemek için epey uğraş gerektirmekte ve bu verilerin toplumun huzurunu düzenlemesine sunabilmek çok iyi bir uzmanlık alanı gerektirmektedir. İşte günümüzde CBS olarak bilinen bu disiplin insanların hizmetine sunmak için; verileri depolamak, konumsal verileri elde etmek ve verileri farklı şekillerde inceleme işlevlerini yerine getirmektedir. Ormancılığın da konuma bağlı olduğu ve konumsal verilere son derece ihtiyaç duyulduğu açık bir sistem bilimi olarak kabul edildiğinde, CBS'nin ormancılık arasında bir bağ olduğu görülmektedir (Köse ve Başkent, 1993).

Ormancılıkta planlamanın temeli bilgidir. Başka bir deyişle planlama, ormanın gelişimini ve yapısını temsil eden konumsal verilere ve bu verileri bilgisayarda uyumlu bir şekilde işleyebilen bir bilgi sistemine dayanır (Köse ve Başkent, 1993). Orman amenajmanı çalışmalarında, orman alanlarındaki coğrafi detaylar ve olaylara ilişkin konumsal ve tanımsal envanter verilerine gerek duyulur. Konumsal ilişkileri dinamik olarak kullanabilmesi nedeniyle, ormancılık alanında seçilecek sistem, CBS'dir (Akyüz vd., 1992). Ormana yapılan teknik müdahalelerin etkisini tespit etmek ve

gerekli önlemleri alabilmek için orman kaynaklarının denetlenmesi ve hızlı bir şekilde güncelleştirilmesi zorunludur ki, bu ancak CBS ile mümkündür (Başkent, 1996).

CBS'nin besin kaynağı veridir ve CBS, coğrafi verileri değişik yöntemlerle farklı kaynaklardan alabilme özelliğine sahiptir. Standardı yapılacak planlama sürecini etkileyen önemli kriterler, verinin güncel olması, kalitesi ve standardıdır. Ancak, ülkemizde farklı kurumlar kendi ihtiyaçları doğrultusunda donanımsal ve yazılımsal programlar tedarik ederek farklı standartlarda veri üretmektedir. Bu durum hem zaman hem de para israfına sebep olmakta ve birbirinden kopuk ve bağımsız uygulamalara neden olmaktadır. Ayrıca, verilerin dağınıklığı, farklı yapılarda olmaları ve çok olması, bu verileri toplamak için hem maliyeti yükseltmekte hem de çok büyük zaman kaybına neden olmaktadır (URL-3, 2019). Nitekim (Matthews, 1992), sistem için gerekli veriyi toplama maliyetinin, toplam yatırıma oranının %75 ila %85 arasında olduğunu belirtmiştir (Cömert, 1994). Bu nedenle çağımızdaki kurum ve kuruluşların en büyük görevlerinden biri, bilgiye daha fazla önem vererek, bilgi paylaşımına ilişkin yapılacak faaliyetlerde maliyeti azaltmak ve daha çok verimin elde edilmesini hedeflemektir (Yomralıoğlu ve Çelik, 1994).

Veri maliyetini azaltmak, veri paylaşımını etkinleştirmek ve veri çöplüğünü önlemek için öncelikle veri standardının ortaya konması gerekmektedir. Veri standardı konusundaki eksikliğin bilincinde olan OGM, 04.07.2005 tarihinden sonra yenilenen bütün amenajman planlarının CBS veri tabanına uygun olacak şekilde bilgisayar ortamında düzenlenmesini şart koşmuştur. Bu bağlamda, OGM bünyesinde Bilgi ve İletişim Teknolojileri Daire Başkanlığı kurulmuş, amenajman plan yapım sürecinde kullanılan sayısal verilerin standardizasyonunun belirlenmiş, "*Coğrafi Bilgi Sistemleri Çalışma Esas ve Usulleri Hakkında Tamim*" yayınlanarak ve ülke genelindeki tüm amenajman planlarına ilişkin meşcere haritalarının belirlenen veri standardına uygun şekilde sayısallaştırılması gerçekleştirilmiştir. Böylece, farklı kurumlardaki veriler tek elden toplanarak bu kurumların aynı veriyi gereksizce israf etmeleri engellenmiş ve tek bir yerden aynı verilere erişim sağlanarak veri toplamak için harcanan maliyet önemli ölçüde azalmıştır. Aynı zamanda bu şekilde veri kirliliğinin önüne geçilmiştir (Cömert, 1996).

CBS'nin en önemli uygulama alanlarından biri; dünyadaki en önemli doğal

kaynaklardan olan ormanların planlanmasını, yönetilmesini ve işletilmesini kapsayan ormancılık disiplini oluşturmaktadır (Koç, 1995a). Ormancılığın konumsal verilerden oluşması, CBS'nin ilk kullanım alanının ormancılık olmasına neden olmuş ve CBS'e bu verileri en iyi şekilde organize etmiştir. Bu nedenle CBS'nin ormancılıkta ilk kullanım alanı, meşcere haritalarını sayısallaştırmak ve orman envanterinin hazırlanmasını sağlamak olmuştur (Başkent ve Jordan, 1991; Köse ve Başkent, 1994).

OGM, CBS tabanlı kurumsal uygulamalar ile birlikte farklı kurumsal uygulamaları da geliştirmektedir. Farklı kurumsal CBS uygulamalarının içerisinde, sistem gereksinimlerini karşılayacak şekilde CBS eğitim uygulamaları da yer almaktadır. Coğrafi veriler 35 adet katmandan oluşmaktadır ve tek bir sunucu üzerinden tek bir veri tabanında bir araya getirilmiş olup kurum içi ve kurum dışı paydaşlara kullanım imkânı sağlanmaktadır. Bu katmanların sürekli olarak güncellenmesi ve takibinin yapılması gerekmektedir. Böylece bütün web uygulamalarında kullanılan verilerin standardizasyonu sağlanmış olup, daha önceki yıllarda karşılaşılan uygulamalar arası veri kirliliği ve veri uyumsuzluğu gibi sorunlar yok edilmiştir. Bu coğrafi katmanlar, altlık olarak web uygulamalarında kullanılmaktadır. Başka bir altlık ise kurum dışı veri paylaşımlarının servis edilmesidir. CBS çalışmaları OGM tarafından incelendiğinde, ilk olarak 2004 yılında orman amenajman haritaları ve planları CBS sistemleri kullanılarak sayısallaştırmaya başlanmıştır. Daha sonra 2006 yılı itibarıyla OGM'nin çıkardığı harita yapım yönetmeliği ile tüm orman amenajman planları ve haritalarının sayısallaştırılması zorunlu hale getirilmiştir. OGM'ne bağlı Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanlığı tarafından geliştirilen GEOPORTAL uygulaması hem coğrafi verilerin hem de sayısal verilerin elde edildiği web tabanlı bir portal sistem olarak hizmete başlamıştır. Bu sistemde ormancılığa ait 15 adet coğrafi veri katmanı (meşcere, orman idari sınırları, kadastro, ağaçlandırma, mesire yerleri, vb.) ve bu katmanların alt katmanları yayınlanmakta, bu katmanlarla çeşitli sorgulamaların yapılmasına izin vermektedir (Ateşoğlu vd., 2013).

CBS sayesinde, orman amenajman planlarının, yapılacak teknik müdahale ve etkinliklerinin konumsal olarak belirlenmesi ve konumsal yapısı etkin bir şekilde ortaya konabilmektedir. Başka bir deyişle CBS, orman amenajman planlamalarında hangi mescerelerin koruma altına alınacağını veya müdahale edileceğini, bu mescerelerin hangi coğrafi bölgede veya konumda olduğunu, eğim, bakı, yerleşim



alanlarına göre konumu itibariyle nerede olduğunu kesin olarak tespit etmede, kısaca konumsal planlamanın hazırlanmasında kullanılmaktadır (Çakır, 2006). Yani CBS konuma dayalı önemli planlama özelliklerini amenajman planlarıyla birleştirilmesi için kullanılmaktadır (Başkent ve Jordan, 1995).

### 1.2.2.1 CBS'nin Faydaları

CBS kendine özel teknolojiyle filtreleme, sorgulama ve istatistiksel analiz gibi normal veri tabanı işlemlerini görselleştirme, haritalar tarafından sağlanan coğrafi analiz işlemleriyle birleştirme ve konumsal verilere ait sözel verileri veri tabanında entegre bir şekilde saklama yeteneğine sahiptir. CBS bu yeteneği sayesinde diğer bilgi sistemlerden ayrılmaktadır, yine bu sayede sonuçların doğru tahmin edilmesi ve olayların açıklanabilmesi açısından önemli hale gelmektedir. CBS programları farklı organizasyonlara göre bilgi otomasyonlarının akış hızında, farklı nicelik gösteren çeşitli iş organizasyonlarında kayıtların büyüklüğüne ve karışıklığına göre değişebiliyor. Farklı ülkelerde CBS'nin kullanımı ile daha önce kâğıt ortamında saklanan verilerin bilgisayar ortamına taşınmasına yardımcı olmuştur. CBS'nin kullanımının yaygınlaşmasının yanı sıra her gün artan potansiyeline bağlı olarak sayısal verilerin artmasıyla da verileri kontrol etmek ve yorumlamak zorlaşmaktadır. CBS hem kişilerin, hem kurumların hem de kuruluşların konumsal tabanlı veriler üzerinde yapacakları iş ve işlemlerde karar vermelerine yardımcı olmaktadır. CBS'nin faydaları bakımından sınırlandırmak pek mümkün değildir. CBS'nin faydalarını aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Hızlı ve kolay kullanımı ile veri akışını hızlandırır.
- Daha verimli üretim ve envanter yönetimi sağlar.
- İşteki verimliliği artırır.
- Kritik bilgi analizleri ve etkili analizler sağlar.
- Verileri güncelleme ve yeniden tanımlama kolaylığı sağlar.
- Zaman kaybını önleyerek iş gücünü artırır.
- Yüksek çözünürlükte çıktı ve sonuç almayı sağlar.
- Acil durumlarda müdahale analizleri sağlar. (Töreyan vd., 2010)

### 1.2.2.2 CBS'nin Kullanım Alanları

CBS, coğrafi verilerin ilgili olduğu her alanda kullanılabilen bir sistem sunmaktadır. Coğrafyanın ve coğrafi verinin kapsam bakımından çok fazla olduğu düşünülürse, bu durum CBS'nin uygulama alanlarının da çok fazla olduğu sonucunu doğurmaktadır. Her geçen gün teknolojinin gelişmesiyle birlikte birbirinden farklı birçok uygulamayı içine alan CBS, problemler karşısında işlerin veya hizmetlerin durma noktasına geldiği durumlarda, planlanan yerleşimlerde veya mevcut yerleşim yerlerinde, yerel yöneticiler için tavsiye edilen çözüm yollarının en başında gelmektedir. En yaygın olarak yerel yönetimlerde (Belediye), kamuda ve askeri alanlarda; alan planlamasında, akıllı harita üretiminde, çevre yönetiminde, havza yönetiminde, ulaşım planlamasında, çok kriterli karar verme, envanter çalışmalarında, kirlilik modellemesinde, üç boyutlu arazi modellemede, araç takip sistemlerinde, meteorolojide, deprem hasar analizlerinde, kartografik haritalarda, veri madenciliğinde, pazarlamada, vergi takibi vb. gibi birçok alanda kullanılmakta ve etkin çözümler getirmektedir. (Töreay vd., 2010).

### 1.2.2.3 CBS'de Veri Yapısı

Veri, bir CBS kurulumunun yaklaşık %80'ini aynı zamanda maliyetin de %65'ini oluşturmaktadır. CBS de veri yapısını anlayabilmek için coğrafi bilgi teriminin bilinmesi gerekir. Bir coğrafi varlık hakkındaki bilgiye coğrafi bilgi denir ve birbiriyle bağlantılı 3 ayrı bilgiden oluşmaktadır. Bu bilgiler aşağıda açıklanmıştır;

*Öznitelik Bilgisi:* Herhangi bir coğrafi varlığa ait öznitelik değeri bilgisidir. Örneğin il, ilçe, mahalle, ada ve parsel bilgileri verilebilir.

*Coğrafi Koordinat Bilgisi:* Coğrafi varlığın dünyadaki yerine ilişkin belli bir referans sistemi ve projeksiyon düzenindeki koordinat bilgisidir.

*Topolojik Bilgi:* Bir coğrafi varlığın başka bir coğrafi varlığa göre matematiksel konumunu veya komşuluk ilişkileri hakkında topoloji bilimi esasları çevresinde veren bilgilerdir. Bu bilgiler CBS'de kullanılması açısından coğrafi veriler için önem teşkil etmektedir. Bu yüzden coğrafi verilerin detay bilgilerinden değişik ürünler elde etmek ve coğrafi verileri belli bir konum ile ilişkilendirmek yapılan işlemlere ait önemli

etkenlerdendir. Buna istinaden coğrafi verileri aşağıdaki gibi 2 grupta incelemek gerekir:

*Tanımlayıcı Bilgi:* CBS’de kullanılacak haritalara ait verilerin özelliklerine ya da coğrafi varlıklara ait bilgilerin ilgili detaylarını içeren ve veri tabanında tutulması ile oluşan bilgilerdir. (Şekil 2).

*Mekânsal Bilgi:* CBS’de kullanılacak haritalara ait verilerin özelliklerine ya da coğrafi varlıkların şeklini, yerini ve diğer konumsal veriler ile ilişkilerini belirleyen bilgilerdir (Şekil 2).



Şekil 2. Tanımlayıcı ve Mekansal Veriler

CBS kullanıcılarının coğrafi bilgi ve veri kavramlarını öğrendikten sonra ele alması ve bilmesi gereken bir diğer önemli etken de CBS’deki veri yapısı mantığıdır. Veri yapısı mantığı CBS’de 2 şekilde incelenmektedir:

*Vektör Veri:* Gerçek dünya üzerinde belirli koordinat (x,y) bilgisine sahip verilerdir. Bu veriler 3 farklı geometriye sahip “alan”, “nokta” ve “çizgi” verileridir. (Şekil 3).

*Noktasal Veri:* Her bir nesnenin tek bir koordinat çifti (x,y) ile temsil edilmesidir. Sınırları ve şekli çok küçük olan yerlerin (birimlerin) tanımlanmasında kullanılırlar. Örnek olarak; kuyular, tepe noktaları, elektrik direkleri, ağaçlar, vb. nokta geometrisinde projelere tanınan katmanlardır.

*Çizgisel Veri:* Temel olarak nokta geometrisinden oluşan bu veriler, birbirini izleyen noktasal verilerin birleşmesiyle elde edilen verilerdir. Birbirini takip eden bir seri halinde ve alan olarak gösterilemeyen yerler (birimler) için kullanılırlar. Örnek olarak;

fay hattı, yol, akarsu, elektrik hattı, nehir vb. katmanlar çizgi geometrisi ile temsil edilirler.

*Alansal Veri:* Bir diğer ismi Polygon olan alansal veriler nokta geometrisinden oluşmaktadır ve çizgi geometrisine benzerler. Alan geometrisinin başlangıç koordinatı(x1,y1) ve bitiş koordinatı(x2,y2) aynıdır. Örnek olarak; mahalle, ada, bina, göl, yerleşim sınırları, toprak, orman alanı vb. verilebilir.

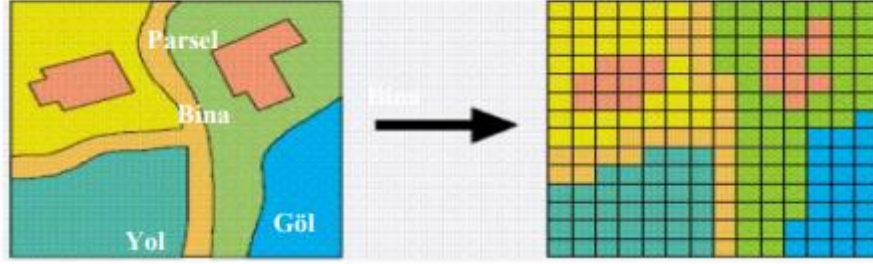


Şekil 3. Vektör Veriler

Vektörel veriler, coğrafi varlıkların yerlerini (konumlarını) kesin olarak tanımlamada kullanılmakla birlikte, son derece faydalı verilerdir. Fakat özellikle bitki örtüsü, toprak yapısı ve jeolojik yapı özelliklerindeki değişimlerde fazla kullanılmamaktadır. Çünkü bu coğrafi varlıklar süreklilik özelliği göstermektedir. Vektörel verilerde öznetelik verilerine ulaşma, bu bilgileri düzeltme ve güncelleme işlemleri mümkün olmakla birlikte bu işlemler daha kolaydır.

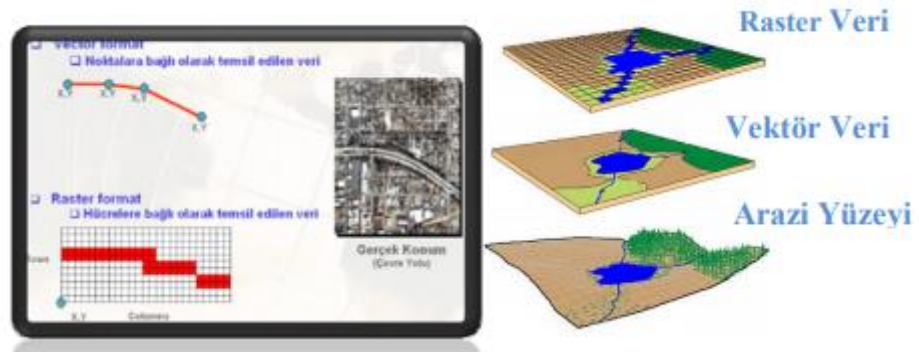
*Raster Veri:* Piksel bazlı (hücresel) temsil edilen konumsal verilerdir. Bu veriler, birbirine komşu grid yapısındaki eşit ölçüdeki satır ve sütunlara sahip hücrelerin bir araya gelmesi ile oluşur ve her bir hücrede bir renk kodu bulunur (Şekil 4). Raster veriler taranan haritaların ya da çekilen fotoğrafların, bilgisayar ortamına taşınması ve vektörel verilerden dönüşüm işlemleri yapılarak elde edilirler. Bu veriler vektörel verilere kıyasla daha fazla veri depolama kapasitesine sahiptir Raster veriler temel olarak vektörel veri üretimi için altlık olarak kullanılmaktadırlar. Yine bazı konumsal analizler (maliyet analizi gibi) vektörel verilere oranla raster verilerde daha kolaydır.

Fakat daha hassas çalışmalarda raster veriler piksel boyutuyla orantılı olduğu için veri kaybı söz konusu olacaktır.



Şekil 4. Raster Verilerin Görünümü

CBS sisteminde ya vektör veri modeli ya da raster veri modellerinden biri genelde tercih edilerek kullanılır. Fakat çağımızda hem vektörel hem de raster veriler birlikte de kullanılabilir (Şekil 5). Raster ve vektörel verilerin yukarıda da bahsedildiği gibi birbirlerine kıyasla zayıf ve üstün yönleri bulunmaktadır (Töreay vd., 2010).



Şekil 5. Raster ve Vektörel Verilerin Birlikte Kullanılması

#### 1.2.2.4 CBS'nin Temel Bileşenleri

CBS'nin bilgi sistemleri altyapısının kurulabilmesi, verilerin işlenebilmesi ve sağladığı avantajlardan en üst düzeyde faydalanabilmesi için gerekli temel bileşenler, yazılımlar, elemanlar, donanımlar ya da yöntemlere gereksinim duyulmaktadır:

*Veri:* CBS sisteminin temel bileşenlerinden biri CBS verileridir ve veriler olmadan işlem yapmak hemen hemen imkânsızdır. Çünkü CBS verileri, CBS projelerinin en temel gereksinimi olup bir bakıma bu sistemin özüdür. Bu veriler ilişkiel veri tabanı yönetim sistemlerinde muhafaza edilmektedir. Bu verilerin en önemli özelliği ise hem konumsal verileri hem de konumsal olmayan verileri tutabilmesidir.

*Yazılım:* CBS projeleri CBS yazılımları ile oluşturulur. CBS sisteminde veriler tek başına işlenemez. CBS yazılımlarıyla coğrafi verilerin üretilmesi, depolanması işlenebilmesi ve analiz edilmesi sağlanmaktadır. Bu nedenle CBS yazılımları da CBS sisteminde vazgeçilemeyen bir bileşendir.

*Donanım:* CBS projeleri yapılış amacına göre farklı büyüklüklerdeki verilerden oluşur ve bu projeler çok farklı donanıma sahip bilgisayarlarda çalışabilmektedir. CBS projeleri için kullanılacak donanımlar CBS projelerinin performansında önemli rol oynamaktadır. Bu yüzden bu projeler için kullanılacak donanımın alt yapısının yeterli ve iyi olması gerekir.

*Yöntem:* CBS’de yapılacak ve birbirinden farklı olan çalışmaların bir arada senkronize şekilde yönetilmesi ve başarılı işlemlerin gerçekleştirilmesi için sağlıklı yöntemlerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu da belirlenecek olan bu yöntem ya da yöntemlerle CBS’nin sürdürülebilirliğini ve güncel kalmalarını sağlayarak bu yöntemlerin çok iyi tasarlanması ve planlanması ile mümkün olacaktır. CBS projesinin başarılı olması seçilecek bu yöntemle belirleyici olmaktadır.

*İnsan:* CBS de yukarıda bahsedilen elemanlar her ne kadar önemli olsa da CBS sisteminin en önemli bileşeni insandır. İnsan olmadan bu bileşenler bir bütün oluşturamazlar. CBS sistemini kuran, geliştiren, yöneten ve CBS’nin karar destek sistemi olarak çalışmasını sağlayan yine insandır. İnsanlar saha çalışmasını gerçekleştiren, veri tabanı yönetimini yapan, problemlerin çözümünde karar verici ve CBS sistemini geliştirici olarak görev yaparlar. Bu yüzden, CBS sisteminin yönetiminde kendini geliştirmiş ve bu sistemi iyi bilen yönetici ve personellere ihtiyaç vardır (Töreay vd., 2010).

### **1.2.3 Microsoft Access Veri Tabanı**

Microsoft Access programı, ilişkisel veri tabanı yönetimi ile çalışan bir veri tabanı yönetim programıdır. Bir veri tabanını oluşturmak, kullanmak ve geliştirmek için kullanılmaktadır. Diğer veri tabanlarına kıyasla hem daha hızlı hem de daha kolaydır. Access veri tabanı ile diğer veri tabanı yönetim sistemleri gibi verilerin işlenebilmesi, sorgulanabilmesi, sıralanabilmesi, filtreleme, analiz edilmesi, raporlar

hazırlanabilmesi ve daha pek çok işlem yapılabilir. Ev kullanıcıları ve orta büyüklükteki firmalar için yeterli olan Access, oldukça basit olmakla beraber sunduğu değişik özelliklerdeki fonksiyonlar ile basit veri tabanlarından gelişmiş bilgi sistemlerine çeşitli uygulamalar geliştirmek için uygun bir altyapı sunmaktadır. Farklı veri tabanları kullanarak geliştirilen veri tabanları ile Microsoft Access altında çalışmaya devam edilebilmekte veya burada oluşturulan veri tabanlarını farklı dosya biçimlerinde saklanabilmektedir. Microsoft Access veri tabanının esnek yapısı sayesinde, amatör kullanıcılar için bir başlangıç noktası teşkil ederken, SQL gibi standart çalışma araçları ile de profesyonel kullanıcıların çalışmalarını kolaylaştırmaktadır. Örneğin ilişkisel iki tablo arasında bağlantı kurmak diğer veri tabanlarında oldukça karmaşıkken Access ile bu iş basit bir şekilde gerçekleştirilmektedir (Atalay, 2019; Kılıç, 2019).

CBS konumsal ve öz nitelik verileri bir arada toplayan güçlü bir alet kutusu olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, ağaç türü kompozisyonu (gelişim çağı, kapalılık vs.), parametreler ve parametrelerin ağırlıkları verilerinin depolanmasında Microsoft Office paketi içerisinde yer alan MS Access kullanılmaktadır. MS Access ortamında grafik verilere bağlı öz nitelik verilerin depolanması ve gerektiğinde kullanılabilmesi amacıyla alan ve kayıtlardan oluşan tablolar hazırlanabilmektedir.

### **1.3 Karar Destek Sistemi (KDS)**

En basit anlamıyla, karar verme yazılımı olarak tanımlanmaktadır. Karar vericilere yardımcı olmak amacıyla, problemlerin tespiti ve çözümünde karar aşamasında, toplanmış bilgilerden faydalanarak karar verme sürecini tamamlayan bilgisayar ya da insan destekli sistemlerdir. Karar verme sürecinde veri toplama, tasarım, seçim, uygulama ve izleme yöntemleriyle problemin çözümü sağlanmış olur.

KDS, düzensiz verilerden yararlı veriler çıkarılmasını amaçlamakta olup, idare ve yönetim gibi tüm işlemlerin her aşamasında kullanılır. KDS genel olarak üst ve orta seviye yönetime hizmet etmektedir ve bu seviyelerdeki sorunların çözümünde kullanılmaktadır.

KDS yazılımları verilerin saklandığı veri tabanı ve bu verilerin işlenmesi için çeşitli formül ve algoritmalarla oluşturulan sistemleri çalıştıran elemanlardan oluşmaktadır. KDS yazılımlarını herkes kendi bakış açısına göre farklı yorumlayabilmektedir. Örneğin KDS yazılımlarını, KDS kullanıcıları bu sistemleri birer idare sistemi olarak görürken, akademisyenler ise karar verme işlemine yardım eden, problemleri çözen bir sistem olarak görmektedir. KDS'nin tanımını daha da genişleten bazı akademisyenlere göre eğer kullanılan bir sistem karar verme yetkisine sahipse ve karar verici unsurları içeriyorsa bu sisteme KDS demişlerdir. Sprauge(URL 5, 2019) tarafından yapılan tanıma göre KDS'nin dört temel özelliğinin olması gerekir. Bu özellikleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

1. KDS'nin zaman içinde uyum göstermesi için değişken ve esnek bir yapıda olması gerekir.
2. Üst düzey yöneticilerden alt düzey yöneticilere kadar çok iyi yapılandırılmamış ortamlarda problemlerin çözümünü ve bu yöneticilere destek sağlaması gerekir.
3. KDS karar vericilere problemlerin çözümünde, genel olarak geleneksel veri işleme ve erişim yöntemlerinin kullanılmasını amaçlar.
4. KDS bireyler ve gruplar için de kolay ve etkileşimli biçimde veri ile iletişime girmesine imkân tanıyarak destek sağlar.

Genel olarak KDS, bir karar vericinin ilk olarak doğal veri kaynaklarından verileri toplayıp, işleyip, süzüp ve karar için gereken hale getirmesi işleminin yapılmasını ve sonrasında bu veriler üzerinde veri madenciliği çalışmaları, veri işleme teknikleri kullanarak karar vermesine destek olacak senaryoların hazırlanmasını sağlayan sistemlerdir. Karar vericiler kararını daha rahat verebilmesi için bu sistemi kullanır.

KDS teknolojileri, uzman sistemlerini, yönetici bilgi sistemlerini, kişisel destek sistemlerini, yönetim destek sistemlerini ve iletişim destek sistemlerini içerir.

KDS'lerin sınıflandırması 5 farklı şekilde incelenebilir;

*Veri Odaklı KDS'ler:* Verilerin toplanması, işlenmesi, sorgulanabilmesi, analiz edilmesi ve gerektiğinde paylaşılmasını sağlayan KDS'lerdir. Örneğin borsalar gibi



veri hareketliliğinin fazla olduğu durumlarda zaman analizi yapan sistemler veri güdümlü KDS'lerdir.

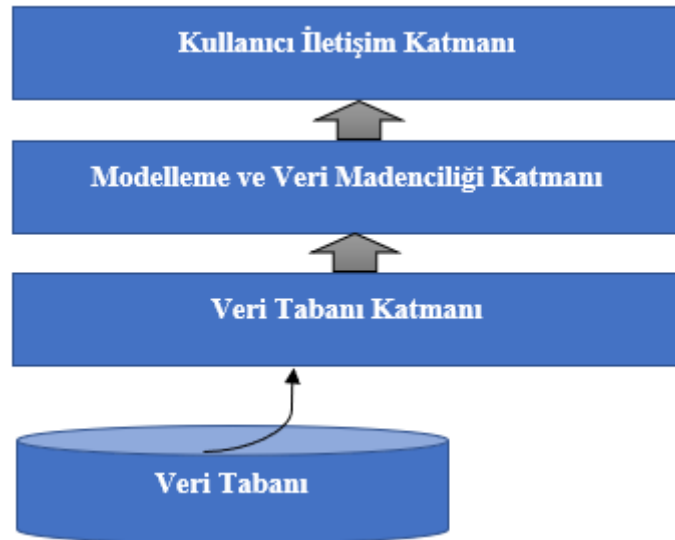
*İletişim Odaklı KDS'ler:* Aynı veri kaynakları üzerinde birden fazla kişinin çalışabildiği, birbirleriyle iletişim içerisinde olduğu ve kararların ortak veya birbirlerinden bağımsız verilebildiği sistemlerdir. Örneğin Google ebook, Share Point, Groove gibi sistemler iletişim güdümlü KDS'lerdir.

*Doküman Odaklı KDS'ler:* Karar destek sistemleri için verilerin önce işlenmesi gereken ve genelde düzensiz yapıda olan KDS'lerdir

*Bilgi Odaklı KDS'ler:* Problemlerin çözümünde daha önce kullanılan bilgi birikimlerinden faydalanılarak bu bilgilerin daha verimli kullanılmasını amaçlayan sistemlerdir.

*Model Odaklı KDS'ler:* Veriler üzerinde bir model geliştirmek veya geliştirilmiş bir modelin sonraki problemlere uygulanması amacıyla problemlerin çözümünde istatistiksel senaryo ve model işleyen sistemlerdir.

KDS Şekil 6'daki gibi 3 katmandan oluşmaktadır.



Şekil 6. KDS Katmanları

Karar vericiler için KDS, bilgi yönetimine yardımcı olma, yapısal özellik taşımayan kararlara destek sağlama, destek aracı olma, problemin çözümünü kolaylaştırma, bilgi

toplama ve karar vermelerine yardımcı olma işlevlerini yapmaktadır.

KDS'lerin faydaları ve avantajları incelendiğinde aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ✓ Performans artışı için yenilikçi fikirler ve uygulamalar oluşturur.
- ✓ Kişisel etkinliğin ve verimliliğin artırılmasını sağlar.
- ✓ Karar verme sürecinin hızlanmasını ve geliştirilmesini sağlar.
- ✓ Karar desteği için yeni deliller oluşturur ve objektif verilerin hazırlanmasını sağlar.
- ✓ Stratejik rekabet üstünlüğü üzerinde bir avantaj sağlar.
- ✓ Bireyler arası iletişimi kolaylaştırıp, iletişimin geliştirilmesini sağlar.
- ✓ Eğitimi veya öğrenimi destekleyerek bu aşamaların hızlandırılmasını sağlar.
- ✓ Problemin olduğu yerlerde yeni yaklaşımlar sunarak problemin çözümünde yardımcı olmayı sağlar.
- ✓ Yönetmelik süreçlerin otomatize edilmesine yardım eder.

Ayrıca KDS'lerin çeşitli karakteristik özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- ✓ Hem üst düzey yöneticilere hem de alt seviyedeki yöneticilere destek olması,
- ✓ Karar verme sürecinde bireysel veya grup içi çalışmalara destek sağlaması,
- ✓ Karar vericilere yarı düzenli ve yapısal olmayan problemlerin çözümünde destek sağlaması,
- ✓ Veri toplama, tasarım, seçim ve uygulama konularında destek olması,
- ✓ Karar verme sürecinde bağımlı veya ardışık kararlar yardımcı olması,
- ✓ Karar verme sürecinde farklı karar verme süreçlerine destek olması,
- ✓ Kullanımın kolay ve etkileşim olması nedeniyle, sistemin hızlı cevap verebilmesini sağlamaktadır. (Şeker, 2014).

### **1.3.1 Orman Yangın Yönetiminde Karar Destek Sistemleri**

Orman yangınları, orman varlığımızı tehdit etmekte ve her yıl binlerce hektar orman alanının yok olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle orman yangınlarının meydana gelmesinin engellenmesi veya çıkan yangınların daha büyük boyutlu hasarlara

ulaşmadan kısa zamanda söndürülebilmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle yeterli alt yapının sağlanması ve karar destek sistemleriyle desteklenmiş güçlü bir yangın yönetiminin oluşturulması gereklidir.

Orman yangınları ile mücadelede 3 önemli unsur bulunmaktadır;

1. Yangının çıkmasını önlemek için gerekli tedbirlerin alınması veya yangın çıktıktan sonra yangın zararlarını azaltıcı önlemlerin alınması,

2. Erken uyarı sistemi geliştirerek, yangınla mücadelede hızlı ve etkin müdahalede bulunmak(söndürme),

3. Yangın sonrası değerlendirmeler yapılarak yanan alanların tekrar ormanlaştırılmasını sağlamak.

Yangın önleyici tedbirlerde asıl amaç, yangına sebep olacak faktörlerin elimine edilmesi ve gerekli tedbirlerin alınmasını sağlayarak yangın çıkma ihtimalini en aza indirmek veya çıkacak yangın sayısını en aza indirmektir. Çıkan bir orman yangınında hızlı bir şekilde müdahalenin olması için yangından haberdar olmak ve gerekli birimlere erken haber vermek gerekir. Bir yangının söndürülmesinde ilk yarım saat içinde müdahale etmek çok önemli olmakla birlikte bu süre zarfında hem yangının büyümesinin önüne geçilmesi hem de söndürülmesinde önemli bir unsur teşkil etmektedir (Yıldızlı, 2013).

Ormanların devamlılığının sağlanmasında, planlı bir şekilde yönetilmesinde ve faydalanmanın düzenlenmesinde dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biri de orman yangınlarıdır. Bu nedenle ormanların yönetiminde karar vericilere yardımcı olmak üzere karar destek sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Baysal, 2014; Bilgili, 2016). Karar vericiler, orman yangınlarında kendilerine katkı sağlayacak her türlü bilgi, belge, program ve kaynaktan faydalanmak durumundadırlar (Bilgili vd., 2001). Dünyada orman yangınlarında kullanılan karar destek sistemlerinin farklı olması, bu nedenledir (Goldammer, vd., 2006).

Karar destek sistemlerinin amacı çıkması olası yangınların daha önceden tespit edilmesine katkı sağlamak, bu yangınları kontrol altında tutmak ve yangın sonrası çalışmalarda karar vericilere yardımcı olmaktır. Aynı zamanda karar destek sistemleri

yangınla mücadelede ve orman yangınları yönetim planlamasının oluşturulmasında yardımcı etken olarak görev yapmaktadır (Cheney ve Gould, 1995; Martell, 2001; Taylor ve Alexander, 2003). Dünya genelinde oluşturulan karar destek sistemleri, orman yangınları ile yapılan mücadelede, hem bölgesel hem ulusal hem de küresel ölçekte bu amaçlar doğrultusunda oluşturulmuş ve bu amaçları gerçekleştirmeye çalışmaktadırlar (Tablo 1, Coşkuner, 2018). Oluşturulan bu sistemler yangın yönetim sistemlerinde erken uyarı sistemi olarak planlanmış ve kullanılmaktadır.

Tablo 1. Dünya’da kullanılan KDS’ler (Coşkuner, 2018)

Küresel Ölçekli	Küresel Orman Yangın Bilgi Sistemi (GWIS)
	Yangın Riski ve Vejetasyon Koruma Sistemi (NOAA/NESDIS)
	El Niño / Güney Asya Yangın Tahmin Sistemi (ENSO)
	Küresel Toprak Nem İndeksi
Bölgesel Ölçekli	Güneydoğu Asya Bölgesel Yangın Tehlike Oranları Sistemi (SEA FDRS)
	Yukarı Güneydoğu Asya (Tayland Hükümeti) Yangın Tehlike Oranları Sistemi
	Kalimantan Yangın Tahmin ve Aktivite Bilgi Sistemi
	Avrupa-Asya Meteorolojik Yangın Bilgi Sistemi
	Avrupa Orman Yangın Bilgi Sistemi (EFFIS)
	Alpine Orman Yangın Erken Uyarı Sistemi (ALPF FIRS)
	Amazon Yangın Risk Sistemi (UCI-NASA)
	Meksika ve Kıta Amerika’sı Yangın Takip Sistemi
Ulusal Ölçekli	
Kanada	Kanada Yangın Tehlike Oranları Sistemi (CFFDRS)
ABD	Orman Yangınları Değerlendirme Sistemi (WFAS)
	Ulusal Orman Yangın Tehlike Oranları Sistemi(NFDRS)
	Fırtına Tahmin Merkezi Meteorolojik Yangın Tahmin Sistemi (SPC)
Avustralya	Avustralya Yangın Tehlike Oranları Sistemi
Arjantin:	Arjantin Yangın Tutuşma İndeksi
Brezilya	Yangın Gözlem ve Tahmin Sistemi (NDVI)
Finlandiya	Finlandiya Orman Yangın İndeksi Sistemi
Almanya	Orman ve Çayır Yangın Tehlike İndeksi Sistemi
Yunanistan	Yunanistan Yangın Tehlike İndeksi
Endonezya	Endonezya Yangın Tehlike Oranları Sistemi
	Doğu Kalimantan Yangın Tehlike Oranları Sistemi
	Sumatra Yangın Tehlike Oranları Sistemi
İtalya	Bölgesel Veneto Yangın Tehlike Oranları Sistemi
	Sardunya Orman Yangın Erken Uyarı Sistemi

Tablo 1 (Devamı) Dünya’da kullanılan KDS’ler (Coşkuner, 2018)

Güney Kore	Güney Kore Orman Yangın Tehlike Oranları Sistemi
Malezya	Malezya Yangın Tehlike Oranları Sistemi
Meksika	Orman Yangın Bilgi Sistemi
Hollanda	Hollanda Anlık Doğal Afet Risk Belirleme Sistemi
Yeni Zelanda	Meteorolojik Yangın Tahmin Sistemi
Polonya	Polonya Orman Yangın Tehlike İndeksi
Portekiz	Orman Yangın Önleme Meteorolojik Destek Sistemi
Rusya	Rusya Meteorolojik Yangın Risk Belirleme Sistemi
Güney Afrika	Net Tahmin Sistemi
İsveç	Orman ve Çayırılık Yangın İndeksi
Tayland	Tayland Yangın Tahmin Sistemi
	Günlük Yangın Tehlike Oranları Haritalama Sistemi
Ukrayna	Ulusal Yangın Tehlikesi Tahmin Sistemi
Vietnam	Vietnam Orman Yangın Erken Uyarı Sistemi

Dünya genelindeki karar destek sistemleri, ülkelerin ihtiyacına göre oluşturulmuş, laboratuvar veya arazi çalışmaları sonucunda belirleyici yanıcı madde tipleri için deneysel veya fiziksel modellerle geliştirilmiştir. Oluşturulan karar destek sistemlerinin çok büyük bir kısmı orman yangın yönetiminde orman yangınları ile yapılacak mücadelede önceden (erken) uyarı sistemi olarak kullanılmaktadır. Karar destek sistemleri ile elde edilen veriler ile o bölgenin yangın tehlike ve risk potansiyelinin derecelendirilmesinde, bölgenin topoğrafyası, yanıcı madde ve yangın istatistikleri gibi özellikleri dikkate alınmaktadır (Chandler vd., 1983).

Yangın tehlike ve yangın risk kavramlarını açıklamak gerekirse: Herhangi bir alanda doğal nedenlerin etkisi ya da insan faktörünün varlığı ile belirlenen yangının başlama ihtimalini ifade eden kavrama Yangın Riski denir (Çanakçıoğlu, 1985; Bachmann ve Allgöwer, 1998; Chuvieco vd., 2010; Başaran vd., 2004; del Hoyo vd., 2011; Sağlam vd., 2008).

Yangın tehlikesi kavramı ise, yangının çıktığı durumlarda yanıcı madde miktarı tipi, nemi ve istiflenme düzeni gibi özelliklerine bağlı olarak, yangının meydana getireceği zararları ve kontrol altına alınabilme güçlüğüne ifade eder (Chandler vd., 1983; Çanakçıoğlu, 1985; Merrill ve Alexander, 1987; Neyişçi vd., 1999; Bilgili, 2014). Yangın tehlikesini ortadan kaldırmak için yangının başlamasına neden olan tüm

yangın risk faktörlerinin ortadan kaldırılması gerekir. Aksi durumda yangın riskinin olduğu şartlarda yangın tehlikesi de söz konusu olacaktır (Çanakçıoğlu, 1985). Yangın riskini ortadan kaldıran faktörlere örnek olarak; orman yanıcı maddelerinin çok ıslak olması yada karla örtülü olması verilebilir. Bu durumda yangının başlamasına neden olan risk faktörleri olmadığı için yangın tehlikesinden de söz edilmeyecektir. (Çanakçıoğlu, 1985, 1988). Bu nedenle topoğrafyayı ve yanıcı madde özelliklerini sabit kabul eden karar destek sistemleri bir bölge için yangın tehlike ve risk potansiyellerini derecelendirirken ayrı ayrı derecelendirme sistemi kullanamaz. Bu tür karar destek sistemlerin sağladığı tahminler için yangın tehlike ve risk potansiyeli kavramları kullanılabilir (Alexander ve Merrill, 1987).

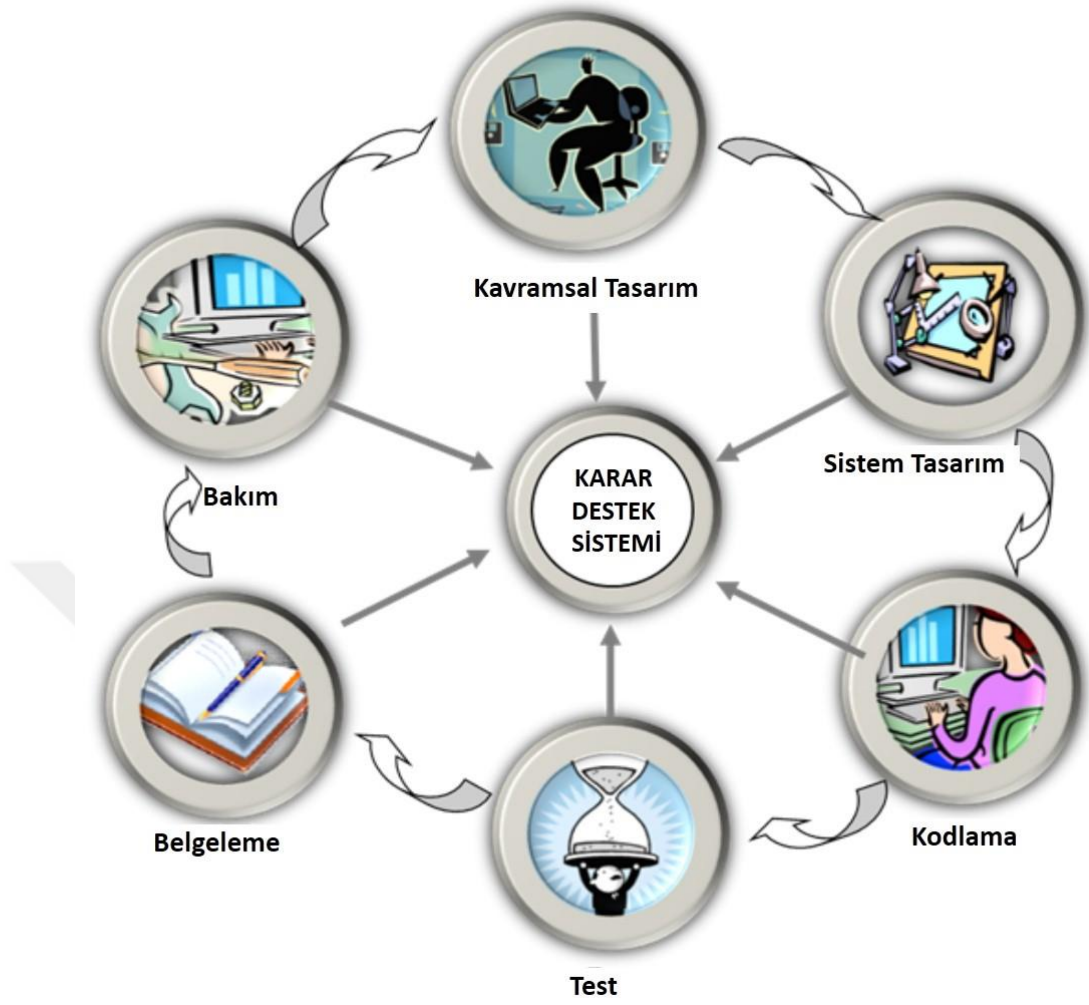
## 2 MATERYAL VE METOD

### 2.1 Kavramsal Çerçeve

Coğrafi Bilgi Sistemleri, çağımızda gelişmekte olan bilgisayar teknolojileri ve yazılan programlar sayesinde coğrafi bilgilerin işlenmesini daha verimli ve etkin bir şekilde yapmaktadır. CBS alanında kullanılan en yaygın yazılımlardan biri de Esri ArcGIS yazılımıdır. ArcGIS yazılımının eski versiyonlarında VBA, şu anki versiyonlarında ise C#, .NET, Java, Python, XML programlama dilleri ile yazılımlar geliştirilebilmektedir. ArcGIS yazılım içerisinde birçok araç (tools: 3D Analyst, Geostatistical Analyst, Spatial Analyst, vs.) olmasına rağmen farklı disiplinler ve amaçlar için ArcGIS'in sahip olduğu fonksiyonları kullanarak farklı araçlar geliştirilmektedir. Bunlardan bazıları, XTools, ET Geo Wizards, Hawth's Analysis Tools, ENVI Tools, Corridor Designer Tools'dır. Bu araçlar farklı programlama dilleri kullanılarak oluşturulmaktadır. Ancak, yazılımcılar genellikle C# gibi nesne tabanlı, kod yazılımı sade, standart modülleri ve kütüphaneleri olan programlama dillerini tercih etmektedirler.

Sunduğu avantajlar sayesinde, CBS bu çalışmanın amacı için etkin bir şekilde kullanılmıştır. Bu bağlamda, bu çalışmada kullanılan değişkenlerin katmanları CBS'de üretilmiş ve daha sonra bu katmanların CBS ortamında üst üste bindirilmesiyle yangın riski ve yangın tehlikesi haritaları oluşturulmuştur.

Yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulmasında kullanılacak karar destek sisteminin geliştirilmesinde kavramsal tasarım, sistem tasarımı, yazılımın geliştirilmesi (arayüz ve kodlama), test, belgeleme ve bakım aşamaları takip edilecektir (Şekil 7). Geliştirilecek karar destek sistemi meşcere, eşyükselti, yol ve yerleşim alanı haritasını değerlendirerek planlama birimi, işletme müdürlüğü veya bölge müdürlüğü bazında yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulmasına imkân verecektir. Karar destek sisteminin geliştirilmesinde izlenecek adımlar aşağıda açıklanmıştır:



Şekil 7. Karar destek sisteminin geliştirilme aşamaları

### 2.1.1 Kavramsal tasarım

Kavramsal tasarım aşamasında yangın risk ve tehlike haritaları oluşturulurken gerek uluslararası çalışmalar ve gerekse ulusal çalışmalar incelenerek dikkate alınan parametreler, parametrelerin ağırlıkları ile yangın risk ve tehlike modelleri belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda kavramsal tasarım kapsamında kullanılacak parametreler, parametrelerin ağırlıkları ve yangın risk ve tehlike modelleri belirlenmiş ve yangın karar destek sisteminin tasarımı kısmında açıklanmıştır.

### 2.1.2 Sistem Tasarımı

Tez çalışması kapsamında geliştirilen karar destek sistemi C# yazılım geliştirme platformunda Parametreler, Parametre Ağırlıkları, Veri Tabanı Kontrolü, Yangın Risk



Haritası ve Yangın Tehlike Haritası şeklinde tasarlanarak kodlanmaya başlanmıştır. Parametreler modülü altında yangın risk ve tehlike haritası için gerekli olan kapalılık, ağaç türü, baki, eğim, gelişim çağı, yerleşim yerine ve yola uzaklık parametreleri yer almaktadır. Kullanıcı her bir parametre için istediği değerleri (risk değeri, yola ve yerleşim yerine uzaklık değeri) girebilecektir. Parametre Ağırlıkları modülü altında yangın risk ve tehlike değerini veren modeller ve bu modellerde kullanılan parametrelerin katsayıları kullanıcılar tarafından girilecektir. Geliştirilecek olan bu modülde parametre katsayıları negatif, tam sayı, ondalıklı sayı veri girişine izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca, literatürdeki tüm yangın risk ve tehlike değerini veren modellerin oluşturulmasına da imkân tanınmaktadır. Veri Tabanı Kontrolü modülü, meşcere haritasındaki ağaç türü, gelişim çağı ve kapalılık verilerinin kontrol ve güncellenmesine imkân sağlamaktadır.

### **2.1.3 Kodlama**

KDS'nin kullanıcılara yönelik basit, anlaşılabilir ve kullanımı kolay şekilde tasarlanması ve sistemin interaktif kullanımına yönelik geliştirilmesi ve kullanıcı dostu olması amaçlanmış, böylece sistemin kullanılabilirliği de artırılmıştır. Sistem analizi ve tasarımı yapılan KDS Microsoft Visual Studio ortamı ve nesne tabanlı programlama dili olan C# dili ile kodlanmıştır. Veri girişi kullanıcılar tarafından yapılacağından dolayı veri girişinde hatalar yapılabileceği veya eksik veri girilebileceği bilinen bir gerçektir. Bu bağlamda, veri girişi sırasında veri doğrulama (örneğin sayı yerine metin yazılmasını önleme), bazı verilerde sınır değeri tanımlamaları (örneğin; ağaç türü işlemlerinde faktör alanının 1-5 arasında değer almasını sağlamak) ve kod girişlerinde kullanıcının hata yapmasını önlemek için açılan listeler şeklinde veri girişinin sağlanması ve tablolarda eksik veri girişi gibi kontroller yapılmaktadır. Bu kontrollerin amacı KDS'nin oluşturulmasında gerekli görülen tüm verilerin veri tabanında istenilen değerlerde olmasını sağlamaktır.

### **2.1.4 Test Etme**

Yazılımı gerçekleştirilen KDS'nin doğru çalışıp çalışmadığının test edilmesi gerekmektedir. Genel olarak yeni hazırlanan yazılımlar BETA sürümü olarak piyasaya

sürülmekte, kullanıcılar tarafından tespit edilen eksiklikler giderildikten sonra normal sürüm piyasaya sürülmektedir. Bu durum, test aşamasının çok önemli olduğunun bir göstergesidir. Bu çalışmada geliştirilen KDS Dörtüol Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde test edilmiştir.

### **2.1.5 Belgeleme**

Belgeleme, gerek test aşamasında gerekse KDS'nin uygulamaya aktarılması aşamasında seçilen planlama birimlerine ilişkin sonuçların (tablo, grafik, harita) çıktılar ile döküm aşamasıdır. Karar destek sisteminin test edilmesinde elde edilen sonuçların raporlandırıldığı bölümdür.

### **2.1.6 Bakım**

Karar destek sisteminin test aşamasında tespit edilen eksiklik, hata ve iyileştirmelerin yapıldığı bölümdür.

### **2.1.7 Güncelleme**

KDS'ler geliştirildikleri zamanın şartlarını taşımaktadırlar. Zamanla ormancılık açısından meydana gelecek gelişmeler, yönetmelikte yapılan değişiklikler veya yeni taleplerin ortaya çıkması daha önceden geliştirilen KDS'lerin bu sorunlara veya ihtiyaçlara cevap vermesi bakımından yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, KDS'ler zamanla yeni şartlara uyum sağlamaları açısından güncellenmektedirler.

## **2.2 Kullanılan Materyal**

Yangın KDS'nin geliştirilmesi için; Intel Core i3 CPU işlemci, 4 GB RAM, 300 GB HardDisk ve 2 GB ekran kartına sahip Dell dizüstü kişisel bilgisayar ile Intel Core i7 CPU işlemci 8 GB RAM, 1TB HardDisk ve 4 GB ekran kartına sahip Asus dizüstü kişisel bilgisayar kullanılmıştır. İşletim sistemi olarak Windows 8 Profesyonel ve Windows 10 kullanılmıştır. Veri tabanı olarak ise Microsoft Access Veri Tabanı kullanılmıştır.

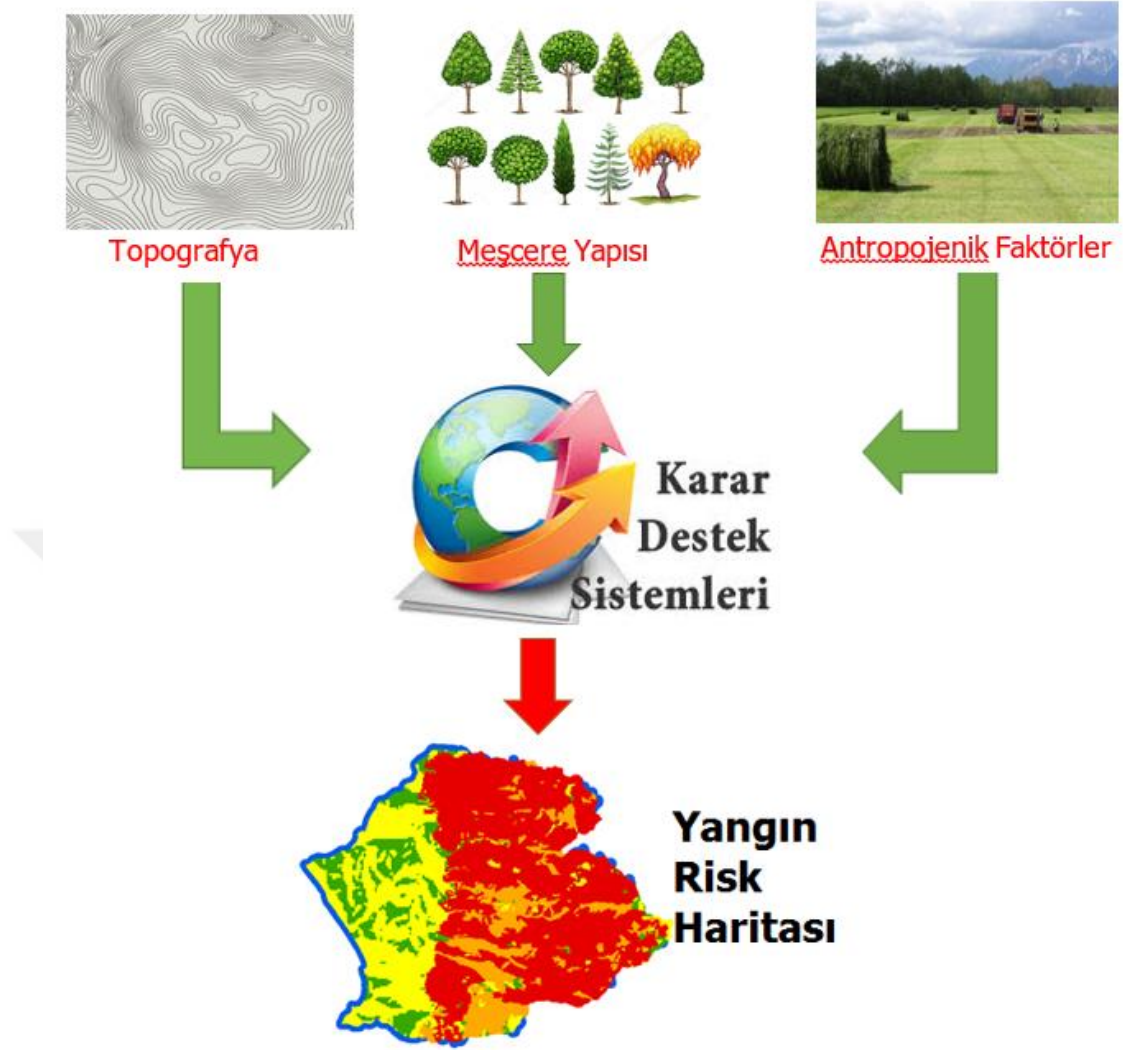
## 2.3 Yangın Karar Destek Sisteminin Tasarımı

### 2.3.1 Yangın Risk Haritasının Tasarımı

Yangın Riski; herhangi bir alanda doğal nedenlerin etkisi ya da insan faktörünün varlığı ile belirlenen yangının başlama ihtimalini ifade eder (Hardy, 2005; Marques vd., 2012; Sağlam vd., 2008). Belli bir bölgedeki yangınların sıklığı, yangın riskinin daha yüksek olabileceğini ima etmek açısından önemlidir. Bir araştırma alanındaki önceki yangınların başlangıç noktaları, bölgenin potansiyel olarak risk altında olduğunu göstermektedir (Sağlam vd., 2018).

Topografik koşullar, orman yangınları ve yangın davranışlarının ortaya çıkmasında en etkili fiziksel faktörler arasındadır. Eğim, bakı ve yükseklik birçok çalışmada ana topografik faktörler olarak kabul edilir (Chandra, 2005; Dong vd., 2005; Pradhan vd., 2007; Adab vd., 2013; Özşahin, 2014; Thakur vd., 2014).

Orman yangın risk alanları topografik (eğim ve bakı), meşcere yapısı (kapalılık, ağaç türü ve gelişim çağı) ve antropojenik parametrelerden (dere, yerleşim ve tarım alanları ile yola olan uzaklık) yararlanarak belirlenmiştir. Topografik faktörleri belirleyebilmek için Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğünden alınan 1/25.000 ölçekli standart topografik haritalara ait sayısal eş yükselti eğrileri kullanılmıştır. ArcGIS ortamında sayısal eş yükselti eğrileri yardımıyla eğim ve bakı haritaları oluşturulmuştur. Meşcere yapısı ve antropojenik faktörlere ilişkin veriler ise Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğünden alınan 1/25.000 ölçekli sayısal meşcere haritalarından temin edilmiştir. Böylece kapalılık, bakı, ağaç türü, eğim, gelişim çağı, yola ve tarım alanlarına olan uzaklık parametreleri girdi olarak kullanılarak yangın risk haritaları oluşturulmuştur (Şekil 8).



Şekil 8. Yangın Risk Haritasının Oluşum Şeması

İlk aşamada tüm parametrelere (kapalılık, bakı, ağaç türü, eğim, gelişim çağı, yola ve tarım alanlarına olan uzaklık) yangın riski oluşturma potansiyeline göre (Sivrikaya vd., 2014) tarafından kullanılan risk faktörleri atanmıştır (Tablo 2). Yangın risk değeri 1 ile 5 arasında değişmektedir. Burada yangın için en riskli alanlara 5, en risksiz alanlara ise 1 değeri verilmiştir. Daha sonra tüm parametrelere ait katmanlar ArcGIS ortamında kesiştirilmiştir.

Tablo 2. Yangın riskinde kullanılan parametreler ve yangın risk değerleri (Sivrikaya vd., 2014)

Parametreler	Sınıflar	Yangın Risk Değeri	Yangın Riski
1. Ağaç Türü Kompozisyonu (ATK)	(1) Kızılcıam, Karaçam	5	Çok Riskli
	(2) Gökmar, Kayın	4	Riskli
	(3) Bozuk Meşcereler	3	Orta
	(4) Meşe ve Baltalıklar	1	Az Riskli
2. Kapalılık (K)	(5) Bozuk ve Açık alanlar	1	Az Riskli
	(6) 11-40%	2	Az Riskli
	(7) 41-70%	3	Orta
	(8) >71%	5	Riskli
3. Gelişim Çağı (GÇ)	(9) a gelişim çağı, çap<8cm	2	Az Riskli
	(10) ab gelişim çağı, çap<0-8 ve 8-19.9 cm	5	Çok Riskli
	(11) b gelişim çağı, çap 8-19.9 cm	5	Çok Riskli
	(12) bc gelişim çağı, çap 8-19.9 cm ve 20-35.9 cm	4	Riskli
	(13) c gelişim çağı, çap 20-35.9 cm	3	Orta
	(14) cd gelişim çağı, çap 20-35.9 cm ve çap>36 cm	2	Az Riskli
	(15) d gelişim çağı, çap>36 cm	1	Az Riskli

Tablo 2 (Devamı). Yangın riskinde kullanılan parametreler ve yangın risk değerleri (Sivrikaya vd., 2014)

1. Bakı (B)	(16) 0-23° ve 339-360° (Kuzey)	1	Az Riskli
	(17) 24-68° (Kuzeydoğu)	2	Orta
	(18) 69-113° (Doğu)	2	Orta
	(19) 114-158° (Güneydoğu)	3	Riskli
	(20) 159-203° (Güney)	5	Çok Riskli
	(21) 204-248° (Güneybatı)	5	Çok Riskli
	(22) 249-293° (Batı)	2	Orta
	(23) 294-338° (Kuzeybatı)	2	Orta
2. Yerleşim ve tarım alanlarına uzaklık (YTU)	(24) 0-100 m	5	Çok Riskli
	(25) 100-200 m	3	Riskli
	(26) 200-300 m	2	Orta
	(27) >300 m	1	Az Riskli
3. Yola Uzaklık (YU)	(28) 0-100 m	5	Çok Riskli
	(29) 100-200 m	4	Riskli
	(30) 200-300 m	2	Orta
	(31) >300 m	1	Az Riskli
4. Suya Uzaklık (SU)	(32) 0-100 m	5	Çok Riskli
	(33) 100-200 m	4	Riskli
	(34) 200-300 m	2	Orta
	(35) >300 m	1	Az Riskli

Her bir meşçereye ait Yangın Risk değeri, aşağıda verilen Model 1 ile hesaplanmıştır. (Sivrikaya vd., 2014)

$$YRD=10ATK+5E+3B+2YTU+2YU+2SU \quad (1)$$

ATK: Ağaç Türü Kompozisyonu (Ağaç türü, gelişim çağı ve kapalılık)

E: Eğim

B:Bakı

YTU: Yerleşim ve tarım alanlarına uzaklık

YU: Yola uzaklık

SU: Su kaynaklarına uzaklık


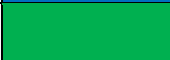


Ağaç Türü Kompozisyonu(ATK); Kapalılık (K), Gelişim Çağı(GÇ) ve Ağaç Türü (AT) özelliklerinin birleşiminden oluşmaktadır. Denklemde Yangın Riski hesaplanırken bu özelliklerin risk faktörü toplanarak Ağaç Türü Kompozisyonu hesaplanmaktadır. Yani;  $10ATK=10AT+10K+10GÇ$  toplamına eşittir.

Daha geniş bir değer aralığı elde etmek ve ağırlıklı sınıflandırmayı ortadan kaldırmak için Ağaç Türü Kompozisyonu (ATK) değişkeni yukarıdaki modelde çarpan olarak kullanılmıştır. Böylece modeldeki diğer faktörlerin de etkisiyle yangın risk değerlerinin daha doğru elde edilmesi sağlanmıştır.

Model (1) deki denklemde yangın riski değeri maksimum 5 olduğundan tüm parametrelere 5 değeri verilir ve Yangın Riskinin maksimum olduğu değer hesaplanır. 5 farklı yangın risk sınıfı (çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek) olduğu için yangın riskinin maksimum olduğu değer 5'e bölünerek risk sınıflarının değer aralıkları tespit edilmiştir.

Yukarıda tanımlanan model ile hesaplatılan Yangın Risk değerlerinde; değer 0-39 arasında ise yangın riskinin çok düşük olduğu, 40-78 arasında ise düşük, 79-117 arasında ise orta derecede, 118-156 arasında ise yüksek ve son olarak 156'den büyükse çok yüksek riskli olarak değerlendirilecektir.

Tablo 3. Yangın Riski İndeks Aralıkları

Yangın Riski	Yangın Riski Aralıkları	
Çok Düşük Riskli	$\leq 39$	
Düşük Riskli	40-78	
Orta	79-117	
Yüksek	118-156	

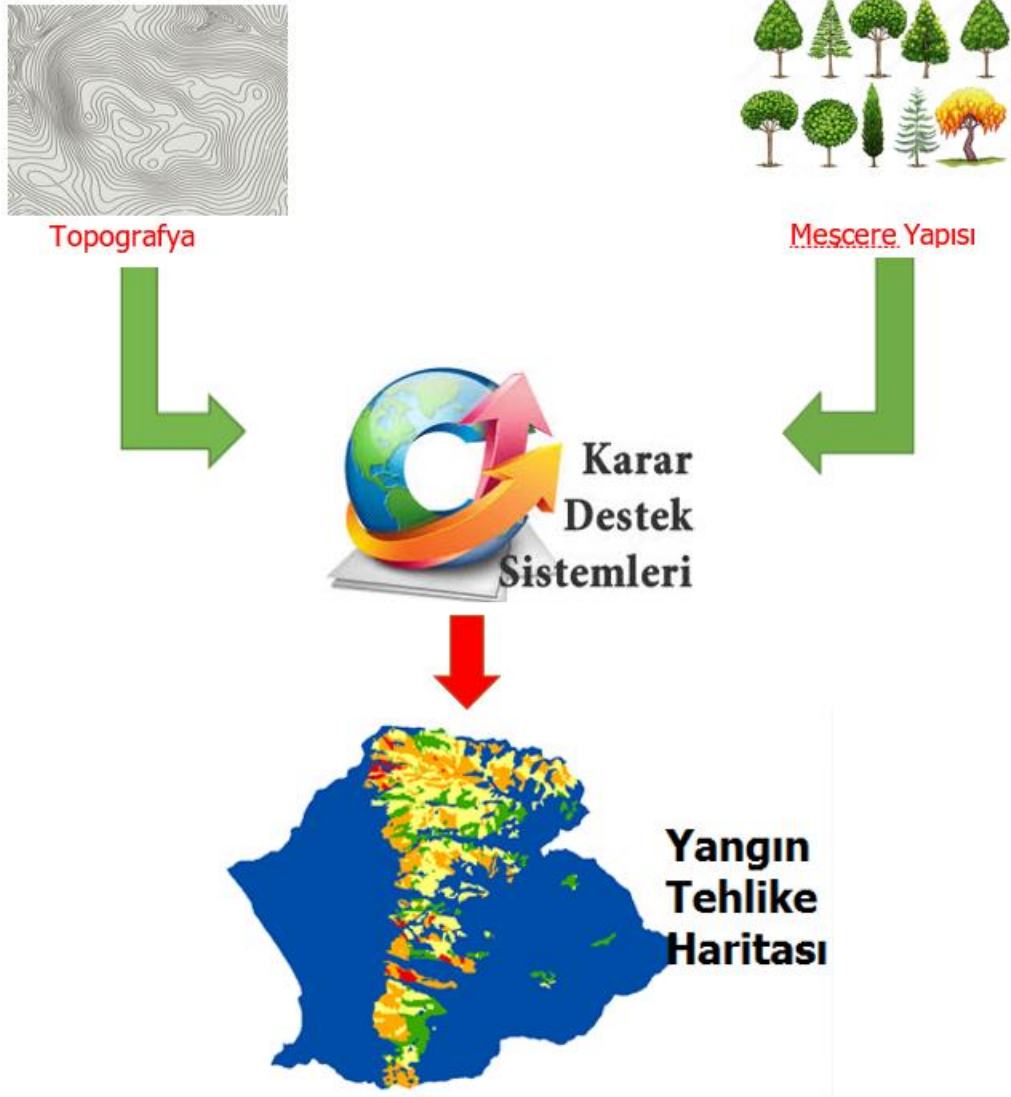
Tablo 4. (Devamı) Yangın Riski İndeks Aralıkları

Çok Yüksek	> 156	
------------	-------	--

### 2.3.2 Yangın Tehlike Haritasının Tasarımı

Orman yangın tehlike alanları topografik (eğim ve bakı) ve meşcere yapısı (ağaç türü, gelişim çağı ve kapalılık) yararlanarak belirlenmiştir. Topografik faktörleri belirleyebilmek için Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğünden alınan 1/25.000 ölçekli standart topografik haritalara ait sayısal eş yükselti eğrileri kullanılmıştır. ArcGIS ortamında sayısal eş yükselti eğrileri yardımıyla bakı ve eğim haritaları oluşturulmuştur. Meşcere yapısına ilişkin veriler ise Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğünden alınan 1/25.000 ölçekli sayısal meşcere haritalarından temin edilmiştir. Böylece, eğim, bakı, ağaç türü, gelişim çağı, kapalılık girdi olarak kullanılarak yangın tehlike haritaları oluşturulmuştur (Şekil 9).





Şekil 9. Yangın Tehlike Haritasının Oluşum Şeması

İlk aşamada tüm parametrelere (eğim, bakı, ağaç türü, gelişim çağı, kapalılık) yangın tehlike oluşturma potansiyeline göre (Sivrikaya vd., 2014) tarafından kullanılan tehlike değerleri atanmıştır (Tablo 4). Yangın tehlike değeri 1 ile 5 arasında değişmektedir. Burada yangın için en tehlikeli alanlara 5, en tehlikesiz alanlara ise 1 değeri verilmiştir. Daha sonra tüm parametrelere ait katmanlar ArcGIS ortamında kesiştirilmiştir.

Tablo 5. Yangın tehlikede kullanılan kullanılan parametreler ve yangın tehlike değerleri. (Sivirikaya vd., 2014)

Parametreler	Sınıflar	Yangın Tehlike Değeri	Yangın Tehlikesi
1. Ağaç Türü (AT)	(1) Kızılçam, Karaçam	5	Çok Yüksek
	(2) Göknar, Kayın	4	Yüksek
	(3) Bozuk Meşcereler	3	Orta
	(4) Meşe ve Baltalıklar	1	Çok Düşük
2. Kapalılık (K)	(5) Bozuk ve Açık alanlar	1	Çok Düşük
	(6) 11-40%	2	Düşük
	(7) 41-70%	3	Orta
	(8) >71%	5	Çok Yüksek
3. Gelişim Çağı (GÇ)	(9) a gelişim çağı, çap<8cm	2	Düşük
	(10) ab gelişim çağı, çap<0-8 ve 8-19.9 cm	5	Çok Yüksek
	(11) b gelişim çağı, çap 8-19.9 cm	5	Çok Yüksek
	(12) bc gelişim çağı, çap 8-19.9 cm ve 20-35.9 cm	4	Yüksek
	(13) c gelişim çağı, çap 20-35.9 cm	3	Orta
	(14) cd gelişim çağı, çap 20-35.9 cm ve çap>36 cm	2	Düşük
	(15) d gelişim çağı, çap>36 cm	1	Çok Düşük
4. Eğim (E)	(16) 0-5%	1	Çok Düşük
	(17) 5-15%	2	Düşük
	(18) 15-35%	3	Orta
	(19) >35%	5	Çok Yüksek

Tablo 4 (Devamı). Yangın tehlikede kullanılan kullanılan parametreler ve yangın tehlike değerleri. (Sivrikaya vd., 2014).

1. Bakı (B)	(16) 0-23° ve 339-360° (Kuzey)	1	Çok Düşük
	(17) 24-68° (Kuzeydoğu)	2	Düşük
	(18) 69-113° (Doğu)	2	Düşük
	(19) 114-158° (Güneydoğu)	3	Orta
	(20) 159-203° (Güney)	4	Yüksek
	(21) 204-248° (Güneybatı)	5	Çok Yüksek
	(22) 249-293° (Batı)	2	Düşük
	(23) 294-338° (Kuzeybatı)	2	Düşük

Her bir meşçereye ilişkin Yangın Tehlike değerleri aşağıda verilen Model 2 ile hesaplatılarak derecelendirilmiştir. (Sivrikaya vd., 2014)

$$YTD = AT * AT * (K + GÇ + E + B) \quad (2)$$

AT: Ağaç türü

GÇ: Gelişim çağı

K: Kapalılık

E: Eğim

B: Bakı

Model (2) deki denklemden yangın tehlike değeri maksimum 5 olduğundan tüm parametrelere 5 değeri verilir ve yangın tehlikesinin maksimum olduğu değer hesaplanır. Sonuçta 5 farklı yangın tehlike sınıfı (çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek) olduğu için yangın tehlike değerinin maksimum olduğu değer 5'e bölünerek yangın tehlike sınıflarının değer aralıkları tespit edilmiştir.

Yukarıdaki model ile hesaplatılan yangın tehlikesi için değer; 0-100 arasında ise yangın tehlikesinin çok düşük, 101-200 arasında ise düşük, 201-300 arasında ise orta derecede, 301-400 arasında ise yüksek ve son olarak 400'ten büyükse çok yüksek tehlikeli olarak değerlendirilecektir.

Tablo 6. Yangın Tehlikesi İndeks Aralıkları

Yangın Tehlikesi	Yangın Tehlike Aralıkları	
Çok Düşük	$\leq 100$	Blue
Düşük	101-200	Green
Orta	201-300	Yellow
Yüksek	301-400	Orange
Çok Yüksek	$> 400$	Red

Geliştirilen karar destek sistemi kullanıcıya risk değerlerini, yangın risk ve tehlike modelini yeniden belirleme ve değiştirme imkânı sunmaktadır. Bu durum, kullanıcıya yangın risk ve tehlike konusunda geliştirilecek olan farklı modellerin de kullanılması fırsatını verecektir. Diğer bir ifadeyle, geliştirilen karar destek sistemi sadece burada belirtilen model ve risk değerleri için değil bundan sonra geliştirilecek olan model ve risk değerlerini de dikkate alacak esneklikte oluşturulmuştur.

#### 2.4 Karar Destek Sisteminin Bir Yönetim Aracı Olarak Uygulanması

Karar destek sisteminin bir yönetim aracı olarak uygulanması için, Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğü (OİM) pilot alan olarak seçilmiştir.

##### 2.4.1 Araştırma Alanı

Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğü; Akdeniz'in güneyinde yer almaktadır. Komşu olduğu Orman İşletme Müdürlükleri, Kilis, Gaziantep, Osmaniye, Antakya Orman İşletme Müdürlükleridir. Dört Yol Orman İşletme Şefliği; Kahramanmaraş Orman Bölge Müdürlüğü'nün bünyesinde bulunan Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğüne bağlıdır. Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğü, 36°59'42"-36°45'05" Kuzey Enlemleri ile 36°13'59"-36°15'36" Doğu Boylamları arasında bulunmaktadır. Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki ormanlar özel bir park alanı gibidir. Birkaç tür hariç ülkemizde yetişen ağaçların tamamı bu bölgede yer almaktadır. Kayın ağacının güneyde en son orman oluşturduğu yer de bu bölgedir.

#### 2.4.2 Araştırma Alanı Veri Tabanı

Orman yangın risk alanları topografik, meşcere yapısı ve antropojenik parametrelerden yararlanarak belirlenmiştir. Bu nedenle, topografik faktörleri belirleyebilmek için 1/25.000 ölçekli standart topografik haritalara ait eş yükselti eğrileri ArcGIS ortamında sayısallaştırılarak kullanılmıştır. Eşyükselti eğrileri yardımıyla eğim ve bakı haritaları oluşturulmuştur. Meşcere yapısı ve antropojenik faktörlere ilişkin veriler ise 1/25.000 ölçekli sayısal meşcere haritalarından temin edilmiştir. Böylece, kapalılık, bakı, ağaç türü, eğim, gelişim çağı, yola ve tarım alanlarına olan uzaklık parametreleri kullanılarak yangın risk haritaları oluşturulmuştur.

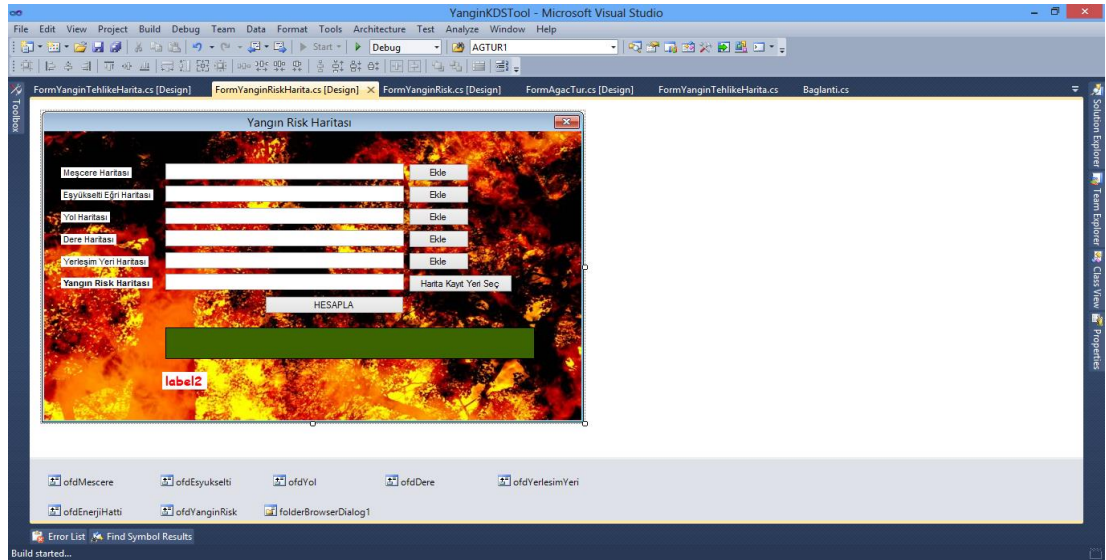
Orman yangın tehlike alanları ise topografik ve meşcere yapısından yararlanarak belirlenmiştir. Bu nedenle, topografik faktörleri belirleyebilmek için 1/25.000 ölçekli standart topografik haritalara ait eş yükselti eğrileri ArcGIS ortamında sayısallaştırılarak kullanılmıştır. Eşyükselti eğrileri yardımıyla eğim ve bakı haritaları oluşturulmuştur. Meşcere yapısına ilişkin veriler ise 1/25.000 ölçekli sayısal meşcere haritalarından temin edilmiştir. Böylece, eğim, bakı, ağaç türü, gelişim çağı, kapalılık parametreleri kullanılarak yangın tehlike haritaları oluşturulmuştur.

### 3 BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulmasında kullanılacak karar destek sistemlerinin sistem tasarımı, kavramsal çerçevesi ortaya konulmuş ve karar destek sistemi yazılımı oluşturulmuştur. Geliştirilen sistem yazılımı, bir pilot bölgede uygulanmıştır.

#### 3.1 Sistem Ara Yüzü

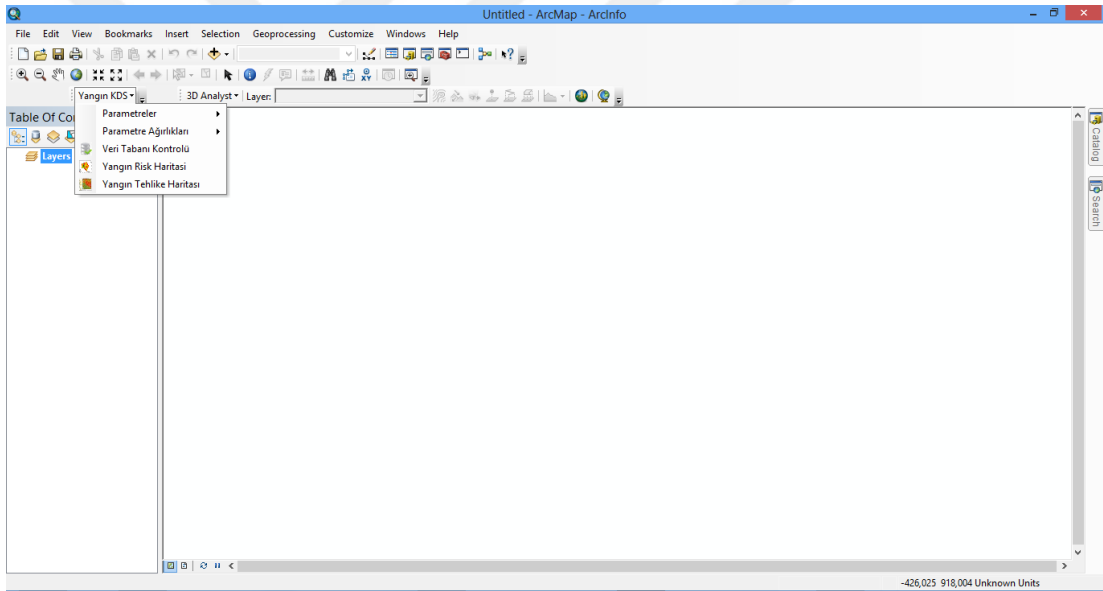
Yangın KDS v1.0 programında, veri tabanı olarak ACCESS Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (Şekil 9), platform olarak Visual Studio 2010 platformu (Şekil 8) ve dil olarak C# dili kullanılmıştır. ArcGIS toolbox ve menüleri Visual Studio 2010 platformu içerisine gömülüp bu şekilde programın yazılım ve tasarım kısmı geliştirilmiştir. Yangın KDS programı bir setup programı olarak oluşturulmuştur. Bu setup programı çalıştırıldığında ArcMap içerisine bir araç olarak eklenmektedir (Şekil 10). Yangın KDS programı 5 ana menüden oluşmaktadır. Bunlar; Parametreler, Parametre Ağırlıkları, Veri Tabanı Kontrolü, Yangın Risk Haritası ve Yangın Tehlike Haritasıdır.



Şekil 10. Visual Studio 2010 Platformu

Kod	Sembol	AgacTur	Faktor	RiskSinif	Ekleme İçin Tıklanır
1	Çz	Kızılcım	10	Yüksek	
2	Çk	Karaçam	9		
3	Çs	Sarıçam	5		
4	G	Gökmar	1	Düşük	
5	L	Ladin	1		
6	S	Sedir	5		
7	Ar	Ardıç	5		
8	Çf	Fıstıkçamı	7		
9	Sr	Servi	1		
10	P	Porsuk	1		
11	Çh	Halepçamı	9		
12	Çm	Sahilçamı	8		
13	Çr	P.radıata	7		
14	D	Duglaz	3		
15	An	Andız	1		
16	Çt	Teade çamı	9		
17	Çe	Elderica çamı	2		
18	MLz	Melez (Larix)	2		
20	Di	Diğer İbrelı	2		
21	Kn	Kayın	4		
22	M	Meşe	2		
23	Gn	Gürgen	4		
24	Kz	Kızılağaç	1		
25	Kv	Kavak	1		
26	Ks	Kestane	1		

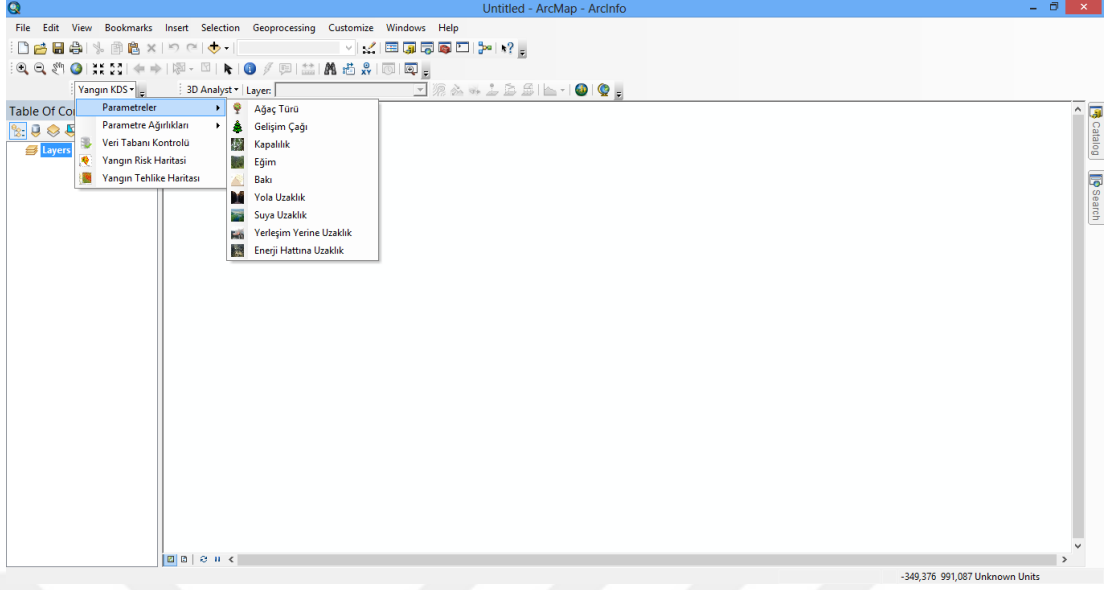
Şekil 11. Yangın KDS’de Kullanılan Access Veri Tabanı Görüntüsü



Şekil 12. Yangın KDS programının ArcMap 10 içinde Görüntüsü

### 3.1.1 Parametre Modülü

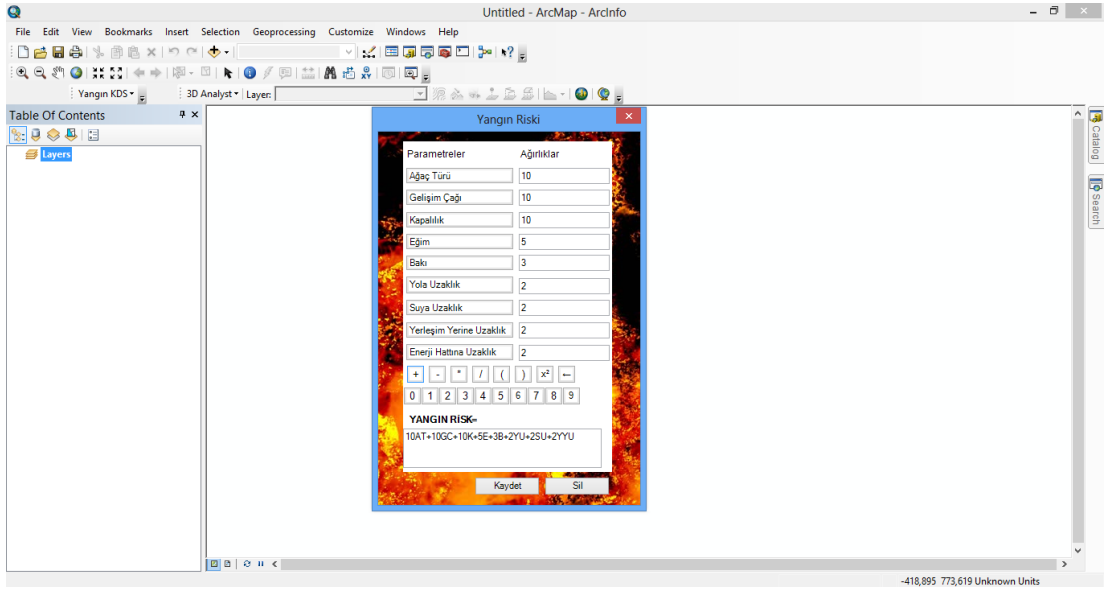
Parametreler modülü altında yangın risk ve tehlike haritası için gerekli olan kapalılık, bakı, ağaç türü, eğim, gelişim çağı, yola ve tarım alanlarına olan uzaklık parametreleri yer almaktadır (Şekil 11). Kullanıcı her bir parametre için istediği değerleri (Yangın risk değeri, yola ve yerleşim yerine uzaklık değeri vs.) girebilmektedir.



Şekil 13. Yangın KDS Parametreleri

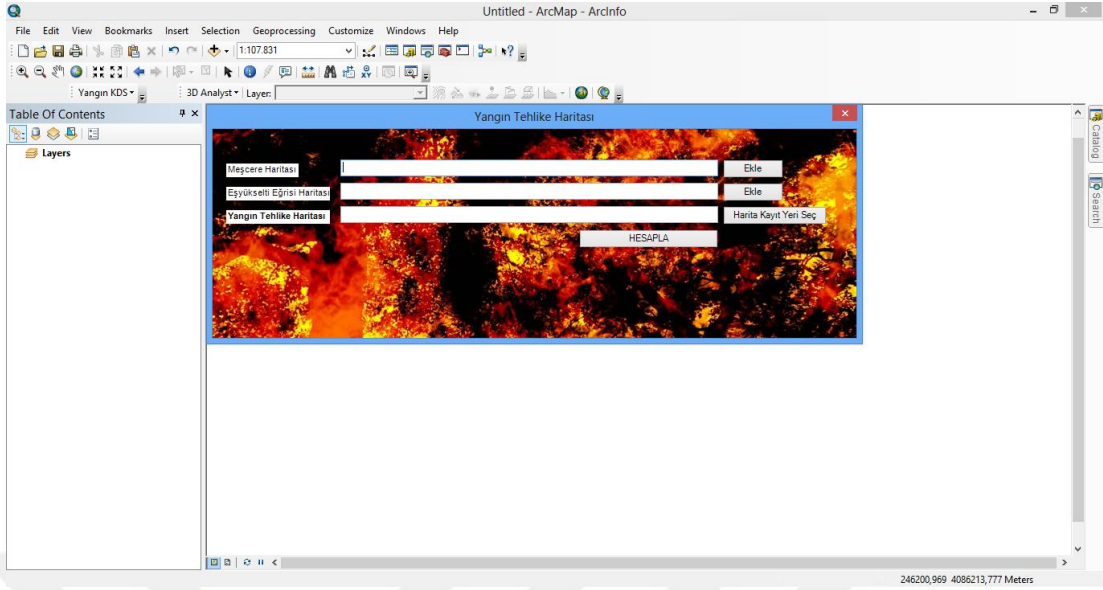
### 3.1.2 Parametre Ağırlıkları

Bu bölümde, yangın risk ve tehlike değerini veren modeller ve bu modellerde kullanılan parametrelerin katsayıları kullanıcılar tarafından girilmektedir (Şekil 12 ve 13). Geliştirilen bu modüle parametre katsayıları negatif, tam sayı, ondalıklı sayı veri girişine izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca, literatürdeki tüm yangın risk ve tehlike değerini veren modellerin oluşturulmasına da imkân tanınmıştır.



Şekil 14. Yangın Risk Haritası Modeli ve Katsayıları



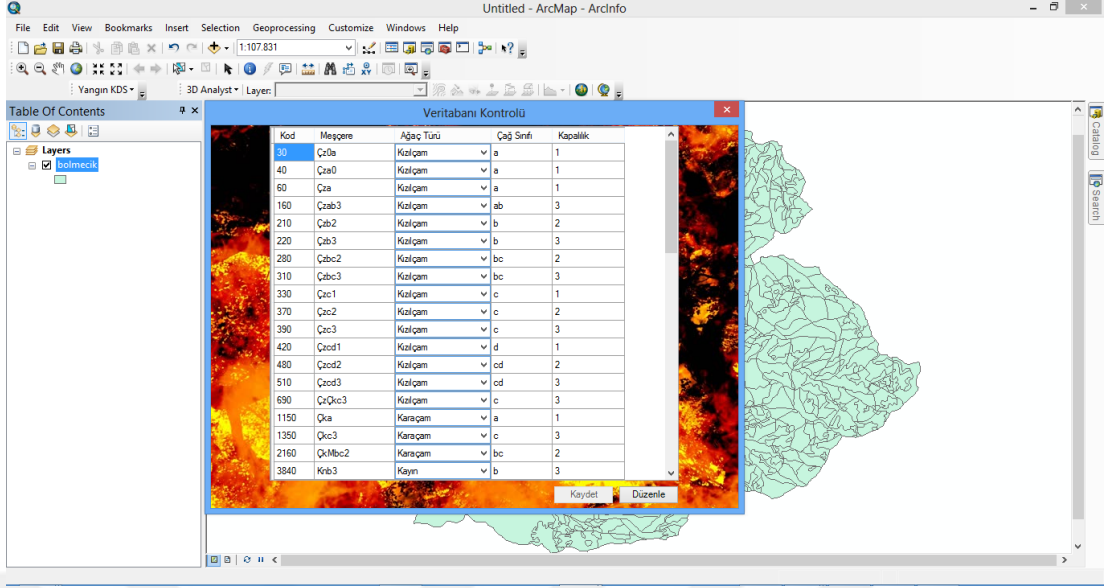


Şekil 15. Yangın Tehlike Haritası Modeli ve Katsayıları

### 3.1.3 Veri Tabanı Kontrolü

Veri tabanı kontrolü modülü, meşcere haritasındaki ağaç türü, gelişim çağı, kapalılık verilerinin kontrol ve güncellenmesine imkân sağlamaktadır (Şekil 14). Veri tabanı kontrolünün yapılması için meşcere haritasının katman olarak eklenmesi gerekmektedir. Ayrıca eklenen meşcere haritasının Orman Amenajman Yönetmeliğine uygun olması gerekir. Modül eksik alan olduğu zaman uyarı vermektedir.

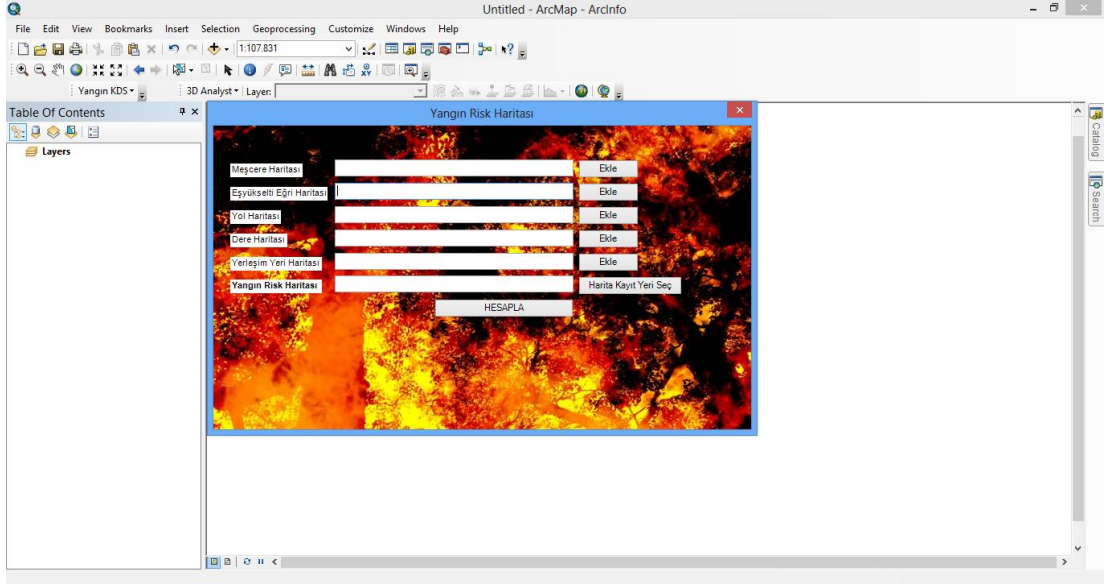
Veri tabanı kontrolünde programın Yangın Risk ve Yangın Tehlike değerlerini hesaplaması için gerekli alanlar bu bölümde eklenmektedir.



Şekil 16. Meşçere Haritasının Veri Tabanı Kontrolü

### 3.1.4 Yangın Risk Haritası

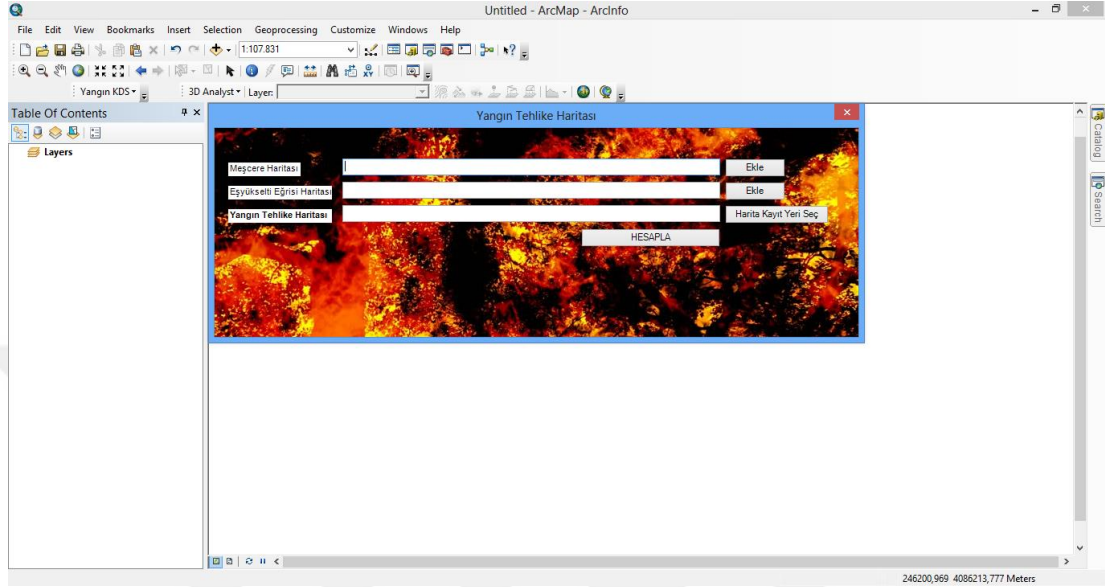
Yangın Risk Haritası oluşturulurken kullanılan girdiler; Ağaç Türü Kompozisyonu (ATK), Bakı (B), Yola Uzaklık (YU), Suya Uzaklık (SU) ve Yerleşim Alanlarına Uzaklıktır (YAU) (Şekil 15).



Şekil 17. Yangın Risk Haritası Girdileri

### 3.1.5 Yangın Tehlike Haritası

Yangın Tehlike Haritası oluşturulurken kullanılan girdiler; Ağaç türü (AT), Gelişim çağı (GÇ), Kapalılık (K), Eğim (E) ve Bakı (B) parametreleridir (Şekil 16).



Şekil 18. Yangın Tehlike Haritası Girdileri

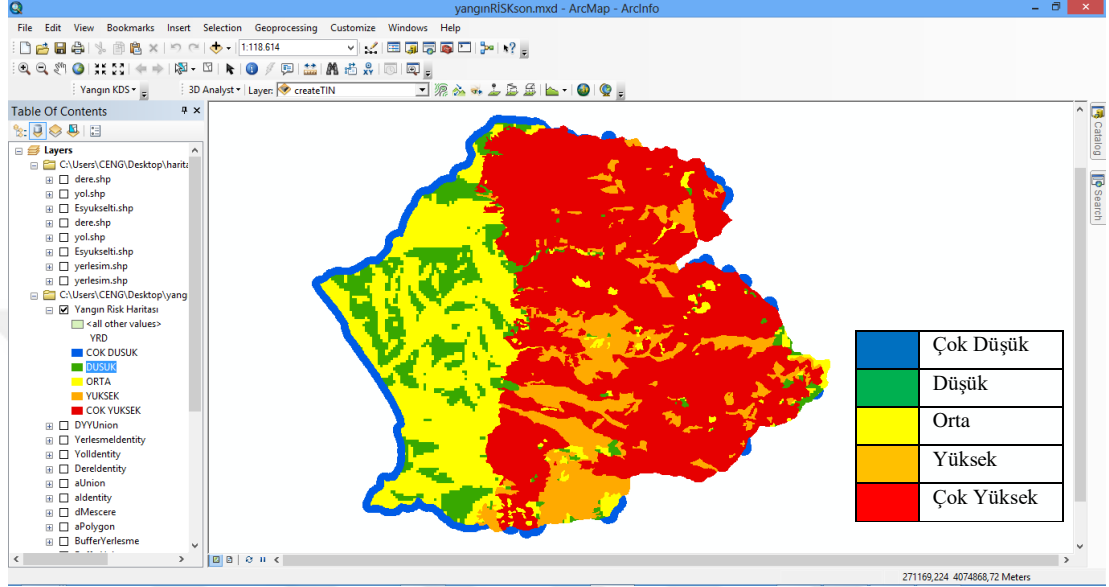
## 3.2 Karar Destek Sisteminin Dörtüyl Planlama Biriminde Uygulanması

Dörtüyl Planlama biriminin bölmecik, eş yükselti eğrileri, yola uzaklık, suya uzaklık ve yerleşim yerlerine uzaklık haritaları kullanılarak Yangın Risk ve Yangın Tehlike Haritaları aşağıda oluşturulmuştur.

### 3.2.1 Dörtüyl Planlama Birimi Kullanılarak Yangın Risk Haritasının Oluşturulması

Dörtüyl Orman İşletme Müdürlüğü için çevre faktörleri ve demografik faktörlere bağlı olarak yapılan Model 1 ile hesaplatılan Karar Destek Sistemi sonucunda beş tane yangın risk sınıfı oluşturulmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda toplam ormanlık alanın %5,1'ni oluşturan 1.098,6 ha alanın orman yangınları açısından çok düşük, %10,1'ni oluşturan 2.117,5 ha alanın düşük, %22,5'ni oluşturan 4.735,7 ha alanın orta, %12,5'ni oluşturan 2.648,6 ha alanın yüksek ve %49,8'ini oluşturan 10.539,9 ha

alanın ise çok yüksek riskli olduğu belirlenmiştir. Yangın risk sınıflarının haritası Şekil 17’de verilmiştir.



Şekil 19. Yangın KDS sistemi ile Dört Yol Planlama Birimine İlişkin Yangın Risk Potansiyel Analizi

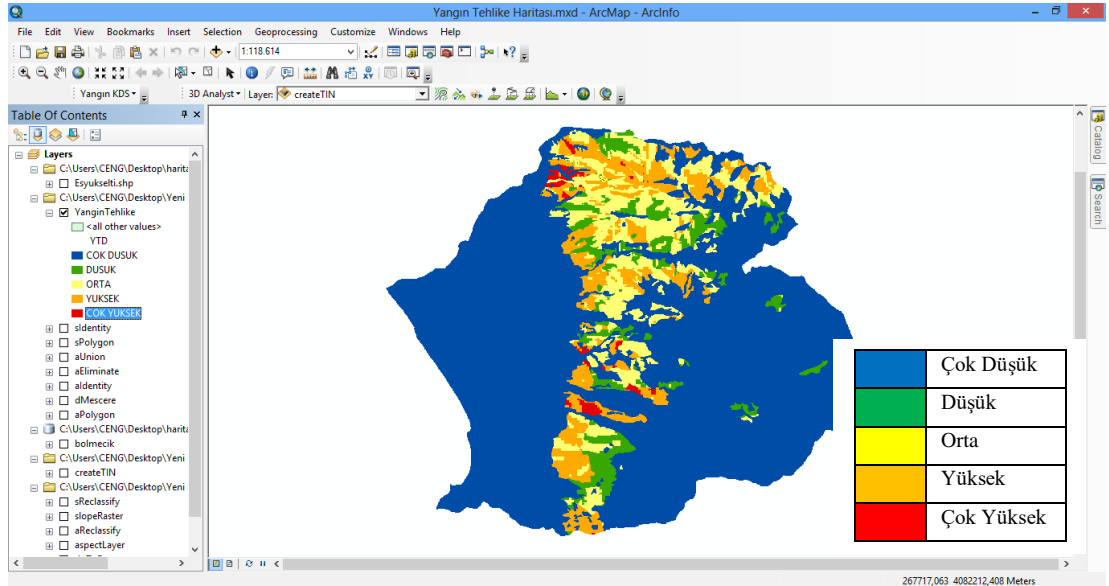
Yangın Karar Destek Sistemi ile Yangın Risk Haritasının oluşturulması için aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmiştir:

1. TIN Katmanı oluşturuldu (Create TIN).
2. TIN Katmanı Raster’a dönüştürüldü (TIN to Raster).
3. Bakı Katmanı oluşturuldu (Aspect).
4. Bakı Katmanı sınıflandırıldı (Reclassify).
5. Bakı Katmanı Polygon Katmanına dönüştürüldü (Raster to Polygon).
6. Meşcere Haritasının Sınır Katmanı oluşturuldu (Dissolve).
7. Bakı Katmanı ile Meşcere Sınır Katmanı kesiştirildi (Identity).
8. Keşişim Katmanında Alanı 1000’den küçük olanlar elimine edildi (Eliminate).
9. Meşcere Katmanı ile Bakı Katmanı Birleştirildi (Union).
10. Dere Haritasına Buffer işlemi yapıldı (Multi ring Buffer).
11. Yol Haritasına Buffer işlemi yapıldı (Multi ring Buffer).
12. Yerleşme Haritasına Buffer işlemi yapıldı (Multi ring Buffer).

13. Bufferlanan Dere ile Meşcere Katmanı kesiştirildi (Identity).
14. Bufferlanan Yol ile Meşcere Katmanı kesiştirildi (Identity).
15. Bufferlanan Yerleşme ile Meşcere Katmanı kesiştirildi (Identity).
16. Kesiştirilen Dere, Yol, Yerleşme Haritaları birleştirildi (Union).
17. Bakı Katmanı ile birleştirilen Dere, Yol ve Yerleşme Haritaları birleştirilerek Yangın Risk Haritası oluşturulmuştur.

### 3.2.2 Dört Yol Planlama Birimi Kullanılarak Yangın Tehlike Haritasının Oluşturulması

Dört Yol Orman İşletme Müdürlüğü için çevre faktörleri ve demografik faktörlere bağlı olarak yapılan Model 2 ile hesaplatılan Karar Destek Sistemi Sonucunda beş tane yangın tehlike sınıfı oluşturulmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda toplam ormanlık alanın %74,8'ini oluşturan 15.007,1 ha alanın orman yangınları açısından çok düşük, %5,3'ünü oluşturan 1.070,9 ha alanın düşük, %10,4'ünü oluşturan 2.087,8 ha alanın orta, %8,5'ini oluşturan 1.720,9 ha alanın yüksek ve %1,0'sını oluşturan 154,9 ha alanın ise çok yüksek tehlikeli olduğu belirlenmiştir. Yangın Tehlike sınıfları haritası Şekil 18'de verilmiştir.



Şekil 20. Yangın KDS sistemi ile Dört Yol Planlama Birimine ilişkin Yangın Tehlike Potansiyel Analizi

Yangın Karar Destek Sistemi ile Yangın Tehlike Haritasının oluşturulması için aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmiştir:

1. TIN Katmanı oluşturuldu (Create TIN).
2. TIN Katmanı Raster'a dönüştürüldü (TIN to Raster).
3. Bakı Katmanı oluşturuldu (Aspect).
4. Bakı Katmanı sınıflandırıldı (Reclassify).
5. Bakı Katmanı Polygon Katmanına dönüştürüldü (Raster to Polygon).
6. Meşcere Haritasının Sınır Katmanı oluşturuldu (Dissolve).
7. Bakı Katmanı ile Meşcere Sınır Katmanı kesiştirildi (Identity).
8. Keşişim Katmanında Alanı 1000'den küçük olanlar elimine edildi (Eliminate).
9. Meşcere Katmanı ile Bakı Katmanı Birleştirildi (Union).
10. Eğim Katmanı oluşturuldu (Slope).
11. Eğim Katmanı sınıflandırıldı (Reclassify).
12. Eğim Katmanı Polygon Katmanına dönüştürüldü(Raster to Polygon).
13. Eğim Katmanı ile Meşcere Sınır Katmanı kesiştirildi (Identity).
14. Eğim Katmanı ile Bakı Katmanı birleştirilerek Yangın Tehlike Haritası oluşturulmuştur (Union).

#### 4 SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, orman yangınları ile mücadelede kullanılabilir bir Karar Destek Sisteminin parametreleri, kavramsal çerçevesi, hiyerarşisi ve yöntemleri ile oluşturulmuş dinamik model yazılımı geliştirilmiştir. Orman yangınlarıyla mücadele çalışmalarında bir bölgenin potansiyel yangın riski ve yangın tehlikesinin önceden tahmin edilebilmesi son derece önemlidir. Bu çalışma ile geliştirilen KDS sayesinde yangın risk ve tehlike haritaları çok daha kısa sürede üretilebilmektedir. Bu sayede yangın riski ve tehlikesinin yüksek olduğu potansiyel alanlara yangın öncesi planlamalarda öncelik verilerek koruyucu ve önleyici tedbirler bu alanlarda daha kapsamlı ele alınabilecektir. Bu kapsamda yangın riskinin ve tehlikesinin azaltılması çalışmalarıyla alanın orman yangınları açısından daha güvenli hale getirilmesi mümkün olacaktır.

Benzer şekilde muhtemel yangınlarla etkin bir şekilde mücadele edilebilmesi için kaynakların ve ekiplerin konuşlandırılması, sevk ve idaresinde yangın riskinin ve tehlikesinin yüksek olduğu bu alanlara öncelik verilmelidir. Böylece ön hazırlıkların yapılmış olmasıyla meydana gelebilecek bir yangının başlangıç aşamasında söndürülmesi mümkün olabileceği gibi, ilk müdahalede başarısız olunarak büyüme eğilimine giren yangınların da daha kısa sürede veya en az hasarla söndürülebilmesi mümkün olacaktır. Geliştirilen KDS, orman yangınlarıyla çalışan farklı kişilere de altlık sağlamaktadır. Karar destek sistemi esnek bir yapıya sahip olup farklı parametre, yangın risk değeri, yangın risk ve tehlike modellerini de dikkate alıp kullanabilecek özelliktedir. Farklı alanlarda geliştirilecek farklı parametre ağırlıklarından oluşan modellerin de burada geliştirilen KDS içerisinde çalıştırılması mümkün olacaktır. Karar destek sistemi bu haliyle hem dinamik bir yapı sağlarken hem de özgün bir nitelik ortaya koymaktadır. Geliştirilen karar destek sistemi sadece yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulmasında değil aynı zamanda farklı disiplinlerin ihtiyaç duyacağı eğim ve bakı haritalarının üretilmesinde de kullanılabilir.

Orman yangınları etkileri ve sonuçları bakımından çok boyutlu bir özellik ortaya koyarlar. Yangınların bu çok boyutlu özelliklerinin orman ekosistemleri üzerindeki muhtemel olumsuz sonuçlarının bertaraf edilebilmesi veya en aza indirilebilmesi için geliştirilen karar destek sistemi uygulayıcılara çok önemli katkılar yapacaktır.

Bu çalışma, ülkemizde yangın risk ve tehlike haritalarının oluşturulması için CBS tabanlı karar destek sisteminin geliştirildiği ilk çalışmalardan olması açısından önemlidir. Geliştirilen sistem ile planlama birimi düzeyinden bölge müdürlüğü düzeyine kadar tüm alanların yangın risk ve tehlike haritaları daha hızlı bir şekilde üretilmektedir. Böylece elde edilen sonuçlara göre yangınlarla daha etkin bir mücadele gerçekleştirilmekte ve yangın önleme faaliyetlerinin ormanlar üzerindeki etkisi, yangına neden olan parametreler kullanılarak belirlenmektedir. Bu çalışma hem uygulayıcı konumunda olan Orman Genel Müdürlüğü teşkilatına ve hem de bilim camiasına önemli bir katkı sağlayacaktır.



## KAYNAKLAR

- Adab H., Kanniah K.D., Solaimani K. 2012. Modeling Forest Fire Risk in The Northeast of Iran using Remote Sensing and GIS Techniques. *Nat Hazards* 65:1723–1743 DOI 10.1007/s11069-012-0450-8.
- Akay, A.E., Şakar, D. 2009. Mekanik Üretim Makinelerinden Hasatçı: Teknik Özellikleri ve Performans Değerlendirmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi. Özel Sayısı. (2):422-428.*
- Akay, A., E., Sivrikaya, F., Yenilmez, N., Taylan, H. 2012a. Yangın Gözetleme Kulelerinin Lokasyonlarının CBS Ortamında Görünürlük Analizi İle Değerlendirilmesi, *KSÜ Mühendislik Bil. Der., Özel Sayı, 226-231*
- Akay, A.E., Wing, G.M., Sivrikaya, F., Sakar, D. 2012b. A GIS-based decision support system for determining the shortest and safest route to forest fires: a case study in Mediterranean Region of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment. 184(3):1391-1407.*
- Akyüz, F., Toz, G. ve Taştan, H., 1992. Amenajman Planlarının Hazırlanmasında Bilgi Sistemleri Kullanımı, *Ormancılığımızda Orman Amenajmanının Dünü, Bugünü ve Geleceğine İlişkin Genel Görüşme, 16-19 Kasım, Ankara, Bildiriler Kitabı, 215-225.*
- Anonim, 2001. Adım Adım Microsoft Access, Editör: M. Selim Tosun, Çev: Mert Derman, Arkadaş Yayınları, Ankara.
- Arıcak, B., Enez, K., Küçük, Ö. 2012. Uydu Görüntüsü Kullanarak Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi, *KSÜ Mühendislik Bil. Der., Özel Sayı, 220-225.*
- Assaker, A., Darwish, T., Faour, G., Noun, M. 2012. Use of Remote Sensing and GIS to Assess the Anthropogenic Impact on Forest Fires in Nahr Ibrahim Watershed, Lebanon, *Lebanese Science Journal, 13 (1), 15-28.*
- Atalay A. Microsoft Access Ders Notları <http://aliatalay.net/bote1/access.pdf>. (10.01.2019)
- Ateşoğlu, A., Tunay, M., Sönmez, F. 2013. Orman Mühendislerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımına İlişkin Görüşlerin Değerlendirilmesi, *Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü., Cilt:14, Sayı:2.*
- Bachmann A. ve Allgöwer B., 1998. A Framework for Wildfire Risk Analysis, III International Conference on Forest Fire Research, 14th Conference on Fire and Forest Meteorology, Coimbra, 2177-2190.

- Bahadır, M. 2010. Türkiye’de (1998–2007) Görülen Orman Yangınlarının Yüzey ve Rakamsal Sorgulama Analizi, e-Journal of New World Sciences Academy, 5 (3), 146–162.
- Başaran M. E., Sarıbaşak H. ve Cengiz Y., 2004. Yangın Söndürme Temel Esaslarının Belirlenmesi (Manavgat Örneği), Çevre ve Orman Bakanlığı. Başkent E. Z., 2018. A review of the development of the multiple use forest management planning concept, International Forestry Review, 20, 3, 296-313.
- Başkent, E. Z. ve Jordan, G. A. 1991. Spatial Wood Supply Simulation Modelling, The Forestry Chronicle, 67, 6, 610-621.
- Başkent, E. Z. ve Jordan, J. A., 1995. Designing Forest Management to Control Spatial Structure of Landscapes, Landscape and Urban Planning, 34, 55-74.
- Başkent, E. Z., 1996. Türkiye Ormancılığında Coğrafi Bilgi Sistemi Kurulmasına Yönelik Bir Ön Çalışma ve Kavramsal Yaklaşım, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, Özel Çalışma,
- Başkent, E. Z., Wightman, A. R., Jordan, Glen A. ve Zhai, Y. 2001. Object-oriented Abstraction of Contemporary Forest Management Design. Ecological Modelling 143, 3, 147-164.
- Başkent, E. Z., Köse, S., Sönmez, T. ve Sivrikaya, F., 2002a. Orman Amenajman Planlarının Yapımında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması, Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan, 164-174, İstanbul.
- Baysal I., 2014. Orman Yangınlarının Orman Amenajman Planlarına Entegrasyonu, Doktora tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Betanzos, A.A., Romero, O.F., Berdinas, B.G., Pereria, E.H., Andarade, M.I.P., Jimenez, E., Soto, J.L.L., Carballas, T. 2003. An intelligent system for forest fire risk prediction and fire fighting management in Galicia, Expert Systems with Applications 25, 545–554.
- Bilici E. 2009. Orman Yangın Emniyet Yolları ve Şeritleri ile Orman Yol Şebekelerinin Entegrasyonu, Planlamaları ve Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma (Gelibolu Milli Parkı Örneği). İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Cilt: 59, Sayı: 2.
- Bilgili E., 1999. The Use of Decision Support Systems in Fire Management Planning, Orman Yangınlarının Önlenmesi ve Mücadelesi Semineri, 18–22 Mayıs, Fethiye.
- Bilgili E., Sağlam B. ve Başkent E. Z., 2001. Yangın Amenajmanı Planlamalarında Yangın Tehlike Oranları ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 4, 2, 288-297.
- Bilgili E. Orman Koruma Ders Notları 2014. [http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15\\_01\\_02\\_c2f03.pdf](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_02_c2f03.pdf).

- Bilgili E., 2016. Need For fire Danger Rating System, International Forestry Symposium, 710 December, Kastamonu, Turkey, p.1.
- Caceres, C.F. 2011. Using GIS in Hotspots Analysis and for Forest Fire Risk Zones Mapping in the Yeguaré Region, Southeastern Honduras, 13, Papers in Resource Analysis, 14 pp. Saint Mary's University of Minnesota University Central Services Press. Winona, MN. Retrieved (date) <http://www.gis.smumn.edu>.
- Castro R, Chuvieco E. 1998. Modelling Forest Fire Danger From GIS, *Geocarta Int.*, 13(1) 15-24.
- Chandler C., Cheney P., Thomas P., Trabaud L. ve Williams D., 1983. Fire in forestry. Volume 1. Forest fire behavior and effects Volume 2. Forest fire management and organization, John Wiley & Sons, Inc.
- Cheney P. ve Gould J. S., 1995. Separating fire spread prediction and fire danger rating, *Journal of Conservation and Land Management*, 4, 3-8.
- Chuvieco E., Congalton R.G. 1989. Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping. *Remote Sens. Environ.* 29:147 – 159.
- Chuvieco, E., Salas, F.J. 1996, Mapping the spatial distribution of forest fire danger using G.I.S., *International Journal of Geographical Information Systems*,10:333-345.
- Chuvieco E., Aguado I., Yebra M., Nieto H., Salas J., Martin M. P., Vilar L., Martinez J., Martin S., Ibarra P., de la Riva J., Baeza J., Rodriguez F., Molina J. R., Herrera M. A. ve Zamora R., 2010. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies, *Ecological Modelling*, 221, 1, 46-58.
- Clarke, K.C. (1997). *Getting Started with Geographic Information Systems*. Prentice Hall Inc. New Jersey.
- Coşkun, H. G., Örmeci, C., Asan, Ü., Yeşil, A., Musaoğlu, N. ve Kaya, Ş., 1998. Sayısal Uydu Verileri İle (Landsat 5 TM, Spot XS) İstanbul - Gaziosmanpaşa Orman İşletme Şefliğine Bağlı Tayakadin ve Samlar Yörelerinde Meşçere Tipi Ayırımının Araştırılması, TÜBİTAK, Proje No: 1622, Ankara.
- Coşkun K. A., 2018. Türkiye Orman Yangın Tehlike Oranları Karar Destek Sistemi, Doktora tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Cömert, Ç., 1994. Konumsal Veri Değişimi; Türkiye İçin Bir Durum Değerlendirmesi, I. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 65-79.
- Cömert, Ç., 1996. Ulusal Konumsal Veri Altyapısı İçin Veri Değişim Standardının Belirlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Çakır, G., 1999. Ormanların Dinamik Yapısının Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Analizi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çakır, G., 2006. Orman Amenajman Planlamasında Gerekli Bilişimin Sağlanması İçin Uzaktan Algılama ve CBS Tekniklerinden Yararlanılması, KTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Çanakçıoğlu H., 1985. Orman Koruma, İstanbul Üniversitesi, s. 486.
- Çanakçıoğlu H., 1988. Yangın Tehlike İndekslerinden Yararlanılan Alanlar,, 29, Orman Koruma ve Yangınla Mücadele Dairesi Başkanlığı OGM, Ankara, 153-162.
- Demir M., Küçükosmanoğlu A., Hasdemir M., Öztürk T., Acar, H. 2009. Assessment of Forest Roads and Firebreaks in Turkey, African Journal of Journal of Biotechnology, 18: 4553-4561.
- de Groot W. J., Goldammer G. J., Keenan T., Brady M., Lynham T. J., Justice C. O., Csiszar I. A. ve O'Loughlin K., 2006. Developing a global early warning system for wildland fire, 5th International Conference on Forest Fire Research, Figueira da Foz, Portugal, 12.
- del Hoyo L. V., Isabel M. P. M. ve Vega F. J. M., 2011. Logistic regression models for human-caused wildfire risk estimation: analysing the effect of the spatial accuracy in fire occurrence data, European Journal of Forest Research, 130, 6, 983-996.
- Dong, X., Shao G., Limin D., Zhanging H., Lei T., Hui W. 2006. Mapping Forest Fire Risk Zones with Spatial Data and Principal Component Analysis. Science in China: Series E Technological Sciences Vol.49 Supp. I, 140—149.
- D.P.T., 2001. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın No DPT 2531-ÖZK.547, Ankara, 539.
- Durmaz B.D., Kadioğuları A.İ., Bilgili E., Başkent E.Z. 2006. Mapping Fire Development Potential using Landsat Satellite Imagery. Forest Ecology and Management. 234S, S24.
- Erten E., Kurgan V., Musaoğlu N. 2004. Forest Fire Risk Zone Mapping From Satellite Imagery and GIS A Case Study. XX<sup>th</sup> Congress of the International Society for Photogrammetry and Re, Istanbul, Turkey.
- Erten, E., Kurgun, V., Musaoğlu, N. 2005. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Orman Yangını Bilgi Sisteminin Kurulması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı-2005, Ankara.
- ESRI.(1999). Using Arcview GIS. Environmental System Research Institute. Inc, Redlands, CA.
- FAO, 2010. Global Forest Resources Assessment 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

- Fox, L., Stuart, J.D. 1994. Detecting changes in forest condition following wildfire using image processing and GIS, ASPRS Technical Papers: 1994 ASPRS-ACSM Annual Convention, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 197–206.
- Ghobadi, G.J., Gholizadeh, B., Dashliburun, O.M. 2012. Forest Fire Risk Zone Mapping From Geographic Information System in Northern Forests of Iran (Case study, Golestan province). *International Journal of Agriculture and Crop Science*.
- Goldammer, J.G. & Mutch, R.W. (2001). Global Forest Fire Assessment FAO Forest Resources Assessment Programme, Working Paper 55, Rome, Italy.
- Hardy C. C., 2005. Wildland fire hazard and risk: Problems, definitions, and context, *Forest Ecology and Management*, 211, 1-2, 73-82.
- Jaiswal, R., Mukherjee, S., Raju, K., Saxena, R. 2002. Forest fire risk zone mapping from satellite imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*.
- Karabulut, M., Karakoç, A., Gürbüz, M., Kızılelma, Y. 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanarak Başkonuş Dağında (Kahramanmaraş) Orman Yangını Risk Alanlarının Belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 24
- Kılıç M. Microsoft Access Ders Notları <https://docplayer.biz.tr/1550504-Microsoft-access-ders-notlari.html>, Mersin (10.01.2019)
- Koç, A., 1995a. Ormanlıkta Coğrafi Bilgi Sistemi, Türkiye İkinci Arc/Info ve ERDAS Kullanıcıları Grubu Toplantısı, Ankara.
- Köse, S. ve Başkent, E. Z., 1993. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Ormanlığımızdaki Önemi, I. Ormanlık Şurası, 1-5 Kasım, Ankara, Tebliğler ve Ön Çalışma Grubu Raporları, 607-619.
- Köse, S. ve Başkent, E. Z., 1994. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Ormanlığımızdaki Önemi, I. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 195-203.
- Kuter S., Usul N., Kuter N. 2010. Evaluation of Forest Fires with GIS. ESRI International User Conference, 12-16 July 2010, San Diego Convention Center, USA.
- Kuter, N., Yenilmez, F., Kuter, S. 2011. Forest Fire Risk Mapping by Kernel Density Estimation. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 32(2): 599-610.
- Küçük, Ö., Bilgili, E. 2006. Yangın Davranışının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Uygulamaya Aktarılması: Kastamonu Örneği, *Kastamonu Orman Fakültesi Dergisi*, 6(2), 262-273.

- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J. & Rhind, D.W. (2001). *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Marble, D.H., Calkins, H.W. & Pequet, D.J. (1984). *Basic Readings in Geographic Information Systems*. Williamsville, NY: Spad Systems Limited
- Marques S., Garcia-Gonzalo J., Botequim B., Ricardo A., Borges J. G., Tome M. ve Oliveira M. M., 2012. Assessing wildfire occurrence probability in Pinus pinaster Ait. stands in Portugal, 2012, 21, 1, 10.
- Martell D. L., 2001. Chapter 15 - Forest Fire Management, *Forest Fires*, Edward A. Johnson ve Kiyoko Miyanishi (Ed.), Academic Press, San Diego, 527-583.
- Matthews, A.E., 1992. Looking at GIS Exchange Standarts, *Mapping Awareness & GIS in Europe*, 6, 2.
- Merrill D. F. ve Alexander M. E., 1987. *Glossary of forest fire management terms*, Canadian Committee on Forest Fire Management, National Research Council of Canada, Ottawa, s.
- Mısır, M., 1995. Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Orman Amenajman Planı Haritalarının Yapımı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Mısır, M., 2001..Yöneylem Araştırması Teknikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Orman Amenajman Planının Düzenlenmesi, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Muzy, A., Innocenti, A., Aiello, A., Santucci, J., Santoni, P. ve Hill, D. R. C., 2005. Modelling and Simulation of Ecological Propagation Processes: Application to Fire Spread, *Environmental Modelling & Software*, 20, 827-842.
- Neyişçi T., Ayaşlıgil Y. ve Sönmezşık S., 1999. Yangına Dirençli Orman Kurma İlkeleri, Yayın No: 21, TMMOB Orman Mühendisleri Odası, Ankara.
- OGM, 2017. Ormancılık istatistikleri, <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx>, (23.05.2019).
- Özşahin, E. 2014. Forest Fire Susceptibility Analysis Using GIS And AHP: The Case Of Antakya Forestry Operation Directorate), *Route Educational and Social Science Journal* Volume 1(3), October 2014.
- Roy, P.S., Dun D. 2003. Forest Fire and Degradation Assessment Using Satellite Remote Sensing and Geographic Information System, *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology* pp. 361-400.
- Sağlam B., Bilgili E., Durmaz B. D., Kadiogullari A. İ. ve Küçük Ö., 2008. Spatio-temporal analysis of forest fire risk and danger using Landsat imagery, *Sensors*, 8, 6, 39703987.
- Sağlam B., C. Akbulak, H. Tatlı ve G. Aygün, 2018. "Forest fire risk analysis via integration of GIS RS and AHP The Case of Çanakkale Turkey," *International Journal of Human Sciences*, vol. 15, no. 4, pp. 2127–2143, Dec. 2018.

- etiawan, I., Mahmud, A.R., Mansor, S., Mohamed Shariff, A.R., Nuruddin, A.A. 2004. GIS-grid-based and multi-criteria analysis for identifying and mapping peat swamp forest fire hazard in Pahang, Malaysia. *Disaster Prevention and Management*, 13 (5), 379-386.
- Sharma, D., Hoa, V., Cuong, V., Tuyen, T., Sharma, N. 2009. "Forest Fire Risk Zonation for Jammu District Forest Division Using Remote Sensing and GIS", 7th FIG Regional Conference-2009, Hanoi, Vietnam.
- Sivrikaya, F., 2002. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Aynıyaşlı (Maktalı) Ormanlarda Orman Amenajman Planlarının Düzenlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sivrikaya, F., Keleş, S., Yolasığmaz, H. A. ve Kadioğulları, A. İ., 2004. Orman Amenajman Planlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Programlanması, V. Ulusal Orman Fakülteleri Öğrenci Kongresi, 29 Nisan-01 Mayıs 2004, Bildiriler Kitabı, 1. Cilt, 136-141, Trabzon.
- Sivrikaya F., Sağlam B., Akay A., E., Bozali N. 2014. Evaluation of Forest Fire Risk with GIS. *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 23, No.1, 187-194.
- Sowmya S.W.; Somashekar R.K. 2010. Application of remote sensing and geographical information system in mapping forest fire risk zone at Bhadra wildlife sanctuary, *India Journal of Environmental Biology*, 31(6) 969-974.
- Strino, J.G., Alhaddad, B., Cladera, J.R. 2007. Remote Sensing Analysis to Detect Fire Risk Locations. Using Remote Sensing for Forest Fires Effects Analysis Geo Congress, Quebec, Canada, 2-5 October.
- Şahin, K., Gümüşay, M., Ü. 2007. İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Orman Yangınlarında Kullanılması, *Harita Dergisi*, 138, 69-83.
- Şeker S. E., 2014, Karar Destek Sistemleri <http://mis.sadievrenseker.com/2014/02/karar-destek-sistemleri-kds-decision-support-systems-dss/> (10.01.2019).
- Tang, L., Shao, G.& Dai, L. (2009). Roles of Digital Technology in China's Sustainable Forestry Development. *Int J Sustain Dev World Ecol.* 16 (2): 94-101.
- Taylor S. W. ve Alexander M. E. (2003). *Considerations in developing a national forest fire danger rating system*. Paper presented at the XII World Forestry Congress, Quebec, Canada.
- Tonini, M., Pereira, M.G, Parente, J. &Orozco, C.V. (2017). Evolution of Forest Fires in Portugal: from Spatio-Temporal Point Events to Smoothed Density Maps. *Nat Hazards*,85(3), 1489-1510.
- Töreayen G., Özdemir İ., Kurt T., 2010 ArcGIS 10 [http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani\\_e0cf3.pdf/](http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_e0cf3.pdf/) (16.05.2019)

- Turco, M., Llasat, C.M, Hardenberg, V.J & Provenzale, A. (2014). Climate Change Impacts on Wildfiresina Mediterranean Environment. *Clim Change*125: 369-380.
- URL-1. <https://smartpro.com.tr/c-nedir/> (16.05.2019)
- URL-2. <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/EgitimDokumanlari/Bilgi%20Sistemleri%20Dairesi%20Ba%C5%9Fkanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1/ArcGIS%20E%C4%9Fitim%20Belgeleri/3DAnaliz.pdf/> (16.05.2019)
- URL-3. <http://www.ktu.edu.tr/gislab> (16.05.2019)
- URL-4. <http://www.mgm.gov.tr/>. 16.05.2019
- URL-5. [https://organkds.saglik.gov.tr/Dashboard/DASH\\_SUPPORT/TDIS\\_DASHB OARD.html?KararDestek.html/](https://organkds.saglik.gov.tr/Dashboard/DASH_SUPPORT/TDIS_DASHB OARD.html?KararDestek.html/). 16.05.2019
- Varol T., Özel H., B., Macaroğlu K. 2010. Network Analizinin Orman Yangınlarında Kullanım Olanakları (Yenihan Orman İşletme Şefliği Örnek Çalışması), III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 20-22 Mayıs 2010, Cilt: III, Sayfa: 1262-1269.
- Versini, P., Velasco, M., Cabello, A. & Sempere-Torres, D. (2013). Hydrological Impactof forest Firesand Climate Change in Mediterranean Basin. *Nat Hazards*66 (2): 609-628.
- Yalçın, H., Türkoğulları, Ü. ve Özkaya, S., 2003. Enine Boyuna Microsoft Access Sürüm 2002, Arkadaş Yayınevi, Ankara, 1104 s.
- Yıldızlı, E. S.,2013. Orman Yangınlarında Organizasyon ve Karar Destek Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Yolasığmaz, H. A., 1998. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Orman Fonksiyon Haritalarının Hazırlanması Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yomralıoğlu, T. ve Çelik, K., 1994. GIS?, 21. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Trabzon, Bildiriler Kitabı, 21-32.
- Yomralıoğlu, T., 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Birinci Baskı, Seçil Ofset, İstanbul.
- Zheng, S., Li, C., Su, X., Quanyi, Q. & Shao G. (2011). Risk Assessmentfor Effective Prevention and Management of Forest Fires in Lijiang City. *Int J f Sustain Dev World Ecol*18 (6): 509-514.



## ÖZGEÇMİŞ



### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BOYATAN, Mehmet  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 19.11.1986 - Halfeti  
Medeni hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
Telefon : 0553 645 77 98  
Faks :  
e-posta : mehmetboyatan@hotmail.com.tr

### Eğitim

<u>Derece</u>	<u>Eğitim Birimi</u>	<u>Mezuniyet Tarihi</u>
İlköğretim	S.Teymur E. Ulusoy İ.Ö.O	2001
Lise	İsmet Paşa Lisesi	2004
Lisans	Fırat Üniversitesi	2010

<u>Tez Yazım Şablonunun Alındığı</u>	<u>Karar Tarihi</u>	<u>Oturum No</u>	<u>Karar No</u>
Fen Bilimleri Enstitüsü Kurulu			
Artvin Çoruh Üniversitesi Üniversite Senatosu			
<u>Tez Yazım Şablonunda Yapılan Değişikliklerin</u>	<u>Karar Tarihi</u>	<u>Oturum No</u>	<u>Karar No</u>
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu			
Artvin Çoruh Üniversitesi Üniversite Senatosu			