

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAŞKIN RİSK BÖLGELERİNİN AĞIRLIK FONKSİYONU  
VE BULANIK MANTIK TABANLI COĞRAFİ BİLGİ  
SİSTEMLERİ KULLANILARAK ELDE EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hussein BİZIMANA**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Osman SÖNMEZ**

**Haziran 2016**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAŞKIN RİSK BÖLGELERİNİN AĞIRLIK FONKSİYONU  
VE BULANIK MANTIK TABANLI COĞRAFİ BİLGİ  
SİSTEMLERİ KULLANILARAK ELDE EDİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hussein BİZIMANA

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : HİDROLİK

Bu tez 10.06. 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği / oyçokluğu ile  
Kabul edilmiştir.

Doç Dr.  
Adem AKPINAR  
Jüri Başkanı

Doç Dr.  
Emrah DOĞAN  
Üye

Yrd. Doç Dr.  
Osman SÖNMEZ  
Üye

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Hussein BIZIMANA

10.06.2016

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans sürecinin tamamında bilgisi ve tecrübesiyle hiçbir desteği esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman SÖNMEZ'e ve hocamız Fatma DEMİR'e çok teşekkür ediyorum. Çalışmalarım esnasında bana yardımcı olan Türkiye Cumhuriyeti Devletine teşekkür ederim. Hayatım boyunca daha iyi bir seviyeye gelmem için maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen çok değerli aileme şükranlarımı sunarım.

# İÇİNDEKİLER

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ .....                          | i    |
| İÇİNDEKİLER .....                    | ii   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ..... | v    |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....               | vi   |
| TABLolar LİSTESİ .....               | viii |
| ÖZET.....                            | ix   |
| SUMMARY .....                        | x    |

## BÖLÜM 1.

|             |   |
|-------------|---|
| GİRİŞ ..... | 1 |
|-------------|---|

## BÖLÜM 2.

|   |   |
|---|---|
| TAŞKIN VE TAŞKIN ÇEŞİTLERİ.....   | 3 |
| 2.1. Taşkın Kavramı ve İçerik.....                                      | 3 |
| 2.2. Taşkınları Etkileyen Faktörler .....                               | 3 |
| 2.3. Taşkın Türleri.....  | 5 |
| 2.3.1. Meteorolojik nedenli taşkınlar.....                              | 5 |
| 2.3.1.1. Kış yağışlarından oluşan taşkınları.....                       | 5 |
| 2.3.1.2. Konvektif fırtına esaslı yağışlar.....                         | 5 |
| 2.3.1.3. Sıcaklık farkından oluşan cephe esaslı fırtınalı taşkınlar ... | 5 |
| 2.3.1.4. Kar erimesinden oluşan taşkınları .....                        | 6 |
| 2.3.2. Oluşma süreleri bakımından taşkınlar .....                       | 6 |
| 2.3.2.1. Yavaş gelişen taşkınlar.....                                   | 6 |
| 2.3.2.2. Hızlı gelişen taşkınlar .....                                  | 6 |
| 2.3.2.3. Ani taşkınlar.....   | 7 |

|   |    |
|---|----|
| 2.3.3. Formasyon yerlerine göre taşkınlar .....                     | 7  |
| 2.3.3.1. Akarsu ve nehir taşkınları .....                           | 7  |
| 2.3.3.2. Dağlık alan taşkınları.....                                | 7  |
| 2.3.3.3. Şehir taşkınları.....                                      | 7  |
| 2.3.3.4. Kıyı taşkınları .....                                      | 8  |
| 2.4. Taşkın Hasarları .....   | 8  |
| 2.5. Türkiye ve Dünyada Yaşanmış Büyük Taşkınlar ve Zararları ..... | 9  |
| 2.5.1. Dünyada yaşanmış büyük taşkınlar .....                       | 9  |
| 2.5.2. Türkiye'de yaşanmış büyük taşkınlar .....                    | 12 |
| <br>  |    |
| BÖLÜM 3.  |    |
| LİTERATÜR.....  | 15 |
| <br>  |    |
| BÖLÜM 4.  |    |
| ÇALIŞMA SAHASI .....  | 19 |
| 4.1. Çalışma Alanının İklim ve Yağış Özellikleri .....              | 20 |
| 4.1.1. Nem .....  | 20 |
| 4.1.2. Yağış .....  | 20 |
| 4.1.3. Sıcaklık .....   | 22 |
| 4.2. Iowa Eyaletinde Yaşanmış Taşkınlar .....                       | 23 |
| 4.3. Arazi Kullanımı .....  | 24 |
| <br>  |    |
| BÖLÜM 5.  |    |
| YÖNTEM.....   | 26 |
| 5.1. CBS'de Mekansal Ağırlık Fonksiyonu .....                       | 26 |
| 5.1.1 Kriging ve ağırlık fonksiyonları .....                        | 28 |
| 5.2. Bulanık Mantık .....   | 29 |
| 5.2.1. Bulanık Mantık ve Karar Verme.....                           | 29 |
| 5.2.2. Bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları .....                | 30 |
| 5.2.3. Bulanık mantık tabanlı CBS .....                             | 34 |

## BÖLÜM 6.

|   |    |
|---|----|
| UYGULAMA .....  | 36 |
| 6.1. Taşkın Risk Modellerinin Geliştirilmesi.....   | 36 |
| 6.2. CBS Ağırlık Fonksiyonları ve Bulanık Mantık Tabanlı Taşkın<br>Risk Modellerinin Geliştirilmesi ..... | 39 |
| 6.2.1. Havzanın yüksekliği .....  | 40 |
| 6.2.2. Akarsuya uzaklık .....   | 41 |
| 6.2.3. Arazi kullanımı .....  | 42 |
| 6.2.4. Nüfus yoğunluğu .....  | 42 |
| 6.2.5. Bulgular .....   | 48 |

## BÖLÜM 7.

|                            |    |
|----------------------------|----|
| SONUÇLAR VE ÖNERİLER ..... | 54 |
| KAYNAKLAR.....             | 56 |
| ÖZGEÇMİŞ .....             | 61 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

- ABD : Amerika Birleşik Devletleri  
AGİ : Akım Gözlem İstasyonu  
 $a_1^\alpha$  : Normal değerinin komşuluğunu oluşturan aralığın alt ve üst sınır Değerleri  
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri  
CB : Coğrafi Bilgisi  
 $C^0$  : Derece Santigrat  
 $D_{i+k}$  : Robustlaşmış bir ölçüm  
FEMA : Federal acil durum yönetimajansı  
DSİ : Devlet Su İşleri  
k : Aralık  
m : Metre  
n : Pürüzlülük kat sayısı  
OK : Ordinal Kirging  
SAM : Sayısal Arazi Modeli  
 $\gamma(Z_{ij})$  : Değişkenin noktaları arasındaki semivaryanslar  
 $\alpha$  : Kesim katsayısı



## ŞEKİLLER LİSTESİ

|  |    |
|--|----|
| Şekil 2.1. Ekonomik kayıpların sektörel bazda dağılımı .....   | 14 |
| Şekil 4.1. Çalışma sahası.....   | 19 |
| Şekil 4.2. Waverly'deki yıllık nem değişimi.....   | 20 |
| Şekil 4.3. Waverly'deki yıllık yağış dağılımı.....   | 21 |
| Şekil 4.4. Waverly'deki yıllık kar yağışı dağılımı .....   | 22 |
| Şekil 4.5. Waverly'deki sıcaklık değişimi.....   | 23 |
| Şekil 4.6. 2008 yılı Waverly sel felaketinden görünümeler .....  | 24 |
| Şekil 4.7. Waverly şehrinin arazi kullanımı .....  | 25 |
| Şekil 5.1. Sayıların Komşuluğu .....   | 31 |
| Şekil 5.2. $A = (-5, -1, 1)$ Kümesinin Komşuluğu.....  | 33 |
| Şekil 5.3. Yamuk Sayı Komşuluğu .....  | 34 |
| Şekil 6.1. Gausmf ile uygulama modelinin sonucu.....   | 37 |
| Şekil 6.2. Gaus2mf ile uygulama modelinin sonucu.....  | 38 |
| Şekil 6.3. Uygulama modeli şematik gösterimi .....   | 39 |
| Şekil 6.4. Taşkın risk bölgeleri modeli.....   | 43 |
| Şekil 6.5. Bulanık tabanlı yükseklik üyelik fonksiyonları .....  | 44 |
| Şekil 6.6. Bulanık tabanlı akarsuya uzaklık üyelik fonksiyonları.....  | 44 |
| Şekil 6.7. Bulanık tabanlı arazi kullanımı üyelik fonksiyonları.....   | 45 |
| Şekil 6.8. Bulanık tabanlı nüfus yoğunluğu üyelik fonksiyonları.....   | 45 |
| Şekil 6.9. Kural tabanı (Yüksek tehlike).....  | 46 |
| Şekil 6.10. Kural tabanı (Orta tehlike).....   | 46 |
| Şekil 6.11. Kural tabanı (Düşük tehlike).....  | 47 |
| Şekil 6.12. Taşkın risk bölgeleri modelinin sonucu .....   | 47 |
| Şekil 6.13. Ağırlık fonksiyonu ile (a) yükseklik (b) akarsuya uzaklık (c) arazi kullanımı ve (d) nüfus y. Haritası ..... | 49 |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 6.14. Bulanık modeli ile (a) yükseklik (b) akarsuya uzaklık (c) arazi kullanımı ve (d) nüfus y. haritası .....     | 49 |
| Şekil 6.15. (a) Bulanık tabanlı modeli ile ve (b) Mekansal ağırlık fonksiyonları modeli ile taşkın risk haritaları ..... | 50 |
| Şekil 6.16. (a) Bulanık tabanlı ve (b) Mekansal ağırlık fonksiyonları modelleri ile tekerrürlü taşkın risk yayılımı..... | 50 |

## TABLULAR LİSTESİ

|  |    |
|--|----|
| Tablo 2.1. Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri .....  | 11 |
| Tablo 2.2. Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri .....  | 11 |
| Tablo 2.3. Türkiye’de 1989-2015 döneminde meydana gelen taşkınların<br>karakteristik özellikleri .....   | 13 |
| Tablo 2.4. Türkiye’de meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri .....   | 14 |
| Tablo 5.1. Klasik Mantık-Bulanık Mantık Arasındaki Temel Farklılıklar .....  | 29 |
| Tablo 6.1. Yapılmış ağırlık fonksiyonlarının deneyleri ve bulunmuş sonuçların<br>değerlendirmesi .....   | 39 |
| Tablo 6.2. Bulanık üyelik fonksiyonları ve ağırlıkları .....   | 43 |
| Tablo 6.3. Bulanık mantık kullanılarak üretilmiş taşkın risk seviyeleri ve<br>etkilenen bölgelerin risk potansiyelleri.....                      | 51 |
| Tablo 6.4. CBS mekansal ağırlık fonksiyonlarını kullanarak üretilmiş taşkın risk<br>seviyeleri ve etkilenen bölgelerin risk potansiyelleri ..... | 52 |

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Taşkın, Bulanık mantık, Coğraf Bilgi Sistemi, Taşkın Risk Haritası.

Taşkın, maddi ve manevi olumsuz etkilerinden ötürü en riskli doğal afetlerden bir tanesidir. Amerika Birleşik Devletleri, Iowa eyaletinin Waverly şehri içerisinde akmakta olan Cedar Nehri boyunca son yıllarda farklı aralıklar ile birçok taşkın meydana gelmiştir. Kış ayları boyunca devam eden yoğun kar yağışı ile dağların yüksek kesimlerinde kar birikmesi meydana gelmektedir. Nisan ayı itibarı ile başlayan yağmurlar sonucunda karların erimesinden dolayı bölgede taşkınlar sıklıkla gözlenmektedir.

Bu çalışma, Waverly şehrinin özellikleri dikkate alınarak taşkından büyük ölçüde etkilenecek yerleşim alanlarının taşkın risk durumunu konu almaktadır. Bulanık mantık ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak taşkın risk bölgeleri haritasının geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Taşkın risk durumunun değerlendirmesi için hem bulanık mantık hem de CBS ağırlık fonksiyonları kullanılmıştır.

Taşkın sularının yayılımında etkili olan parametrelerden yükseklik, akarsuya uzaklık, arazi kullanımı ile taşkın riskine etkisi bakımından nüfus yoğunluğu, taşkın risk alanlarının belirlenmesinde girdi parametreleri olarak kullanılmıştır. 23 farklı ağırlık kombinasyonu denenmiş ve FEMA'nın bölge için üretmiş olduğu 100 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın yayılım haritaları ile karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda ağırlık fonksiyonları, yükseklik % 70, akarsuya uzaklık % 20, arazi kullanımı % 5 ve nüfus yoğunluğu % 5 olarak belirlenmiş ve modellerde bu oranlar kullanılmıştır.

Buna göre bulanık mantık kullanılarak üretilmiş taşkın risk bölgeleri haritasında 9.68 km<sup>2</sup> lik toplam çalışma sahasının 3,61 km<sup>2</sup> (%39.46)' lik kısmı yüksek taşkın riski altında kalan alanlarda bulunduğu tespit edilmiştir. Geriye kalan %60.54 lük kısmı ise orta ve düşük taşkın riski taşıyan alanları kapsamaktadır. CBS ağırlık fonksiyonu kullanılarak üretilmiş taşkın risk bölgeleri haritalarında 9.68 km<sup>2</sup> lik toplam çalışma sahasının 6.23 km<sup>2</sup> (%64.3)' lik kısmı yüksek taşkın riski altında kalan alanlarda bulunmaktadır. Geriye kalan %35.7 lük kısmı ise orta ve düşük taşkın riski taşıyan alanları kapsadığı tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, Waverly şehrine ait 100 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın yayılım haritaları ile mukayese edilmiş ve bulanık mantığın daha gerçekçi sonuç verdiği sonucuna varılmıştır. Önerilen yöntem ile bulanık mantığının taşkın riski altında kalan alanların tespitinde kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

# **FLOOD HAZARD RISK ZONING USING FUZZY LOGIC AND WEIGHTAGE BASED COMBINATION METHODS IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)**

## **SUMMARY**

Keywords: Flood, Fuzzy logic, Geographic Information System, Flood risk map

Flood is found to be among the most dangerous natural disasters due to negative effects resulting from it, healthily and financially. In Waverly city found in Iowa State, in United States, many floods in recent years with different flood return periods happened and were caused by peak flows from Cedar River that flows through the province of Iowa passing through Waverly city and added flows from snow melting. Throughout winter months in Waverly city snowing continues and heavy snow accumulations are found on high grounds. Because of the rainfall that starts in April and snow melting also starting in that same month. In this study using fuzzy logic and Geographic Information Systems (GIS), flood zones are implemented in Waverly city. Spatial weightage techniques in GIS and fuzzy logic functions are used to assess the flood risk zones in the City.

Elevation, distance, land use and population density have been selected among the most effective parameters in determining flood risk and flood potential in Waverly city. Using spatial weightage technique in GIS and passing those parameters throughout 23 different tests and comparing test results with FEMA standards, following weightages were assigned to parameters, elevation was rated of 70 % of the weightage, the distance from river was rated and given 20 % of the weightage, the Manning coefficient and population density respectively rated 5 % and 5 % respectively in this work.

Using fuzzy logic based GIS on a total study area of 9.68 km<sup>2</sup>, an area of 3.61 km<sup>2</sup> (39.46 %) is found under high risk to floods and the remaining 60.54 % is found under medium and low risk to floods. Using GIS based weightage technique on a total study area of 9.68 km<sup>2</sup>, an area of 6.23 km<sup>2</sup> (64%) is found under high flood risk to floods and the rest which is 35.7 % of the study area is under medium and low risk level to floods. The results found in this work were compared to flood maps of 100 year and 500 year return periods in Waverly city and fuzzy logic based results proved to be the most reliable

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Her afetin büyüklüğü genel olarak, olayın neden olduğu can kayıpları, yaralanmalar, yapısal hasarlar, sosyal ve ekonomik kayıpların büyüklükleri ile değerlendirilmektedir [1]. ABD'nin farklı meteorolojik, jeolojik ve topoğrafik şartları; deprem, taşkın, kuraklık, yangın, heyelan, erozyon gibi çeşitli doğal afetlerle karşı karşıya olmasına neden olmaktadır. Afetleri oluşturan doğa olaylarını önleyebilmek mümkün değildir. Ancak afetlerden korunma önlemlerinin alınması, sonrasında oluşacak can ve mal kayıplarının azaltılmasına yardımcı olacaktır. ABD'de kasırgalardan sonra, en fazla can ve mal kaybına sebep olan doğal afet taşkındır [2]. Taşkınların yaşandığı alanlar ise genellikle insanlar tarafından çoğu zaman düşük eğimli, düzlük, suya yakın ve yeşil olmalarından dolayı yerleşim yeri olarak tercih edilmektedir. Normalde bu gibi bölgelerin yeşil alan, mesire yeri vb. gibi taşkın anında boş kalabilecek faaliyetler için ayrılması gerekmektedir. Fakat taşkın riski yüksek olan bu alanlara tedbir alınmadan yapılan kontrolsüz yerleşimler taşkın afete dönüşmesine neden olmaktadır. Taşkınlar, hidrometeorolojik afet olarak çevreye ve insanlara en çok zarar veren afet türüdür. ABD'de ve dünyanın pek çok yerinde önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olmaktadır. Özellikle son yıllarda küresel iklim değişikliği beklentisi nedeniyle su kaynaklarının yönetimi daha da önem kazanmaktadır. Sera gazlarının hızlı bir şekilde artışı, muhtemel bir iklim değişikliği tehlikesini de beraberinde getirmektedir. Akarsularda taşkınlara sebep olan yağışlar, ya hiç yağmamakta ve kuraklık sebebi olmaktadır ya da birden çok fazla yağmaktadır. Yağışın olmadığı dönemlerde kuru dere gibi gözüken yataklara yerleşim yerleri inşa edilerek yatak genişliği azaltılmaktadır. Böylece yatak kapasitesinin üzerinde ve aniden oluşan debilerin kontrolü çok zorlaşmakta, can ve mal kaybıyla sonuçlanan büyük taşkın afetleri yaşanmaktadır. Bu yüzden, oluşabilecek taşkın debilerinin ve ulaşabileceği yerin önceden belirlenmesi ve bu

taşkınların oluşturabileceği tehlikenin önüne geçebilecek önlemlerin taşkın olmadan önce alınmasını ve incelenmesini gerekli olduğunu bulunmaktadır [3] .

## **BÖLÜM 2. TAŞKIN VE TAŞKIN ÇEŞİTLERİ**

### **2.1. Taşkın Kavramı ve İçerik**

Akarsularda su seviyesi ve debi zaman içinde değişir. Debinin ve dolayısıyla seviyenin yüksek olduğu dönemlerde akım akarsu yatağının dışına taşabilir, bu olaya taşkın denir. Akarsuyun sel yatağına yayılmasıyla çeşitli zararlar ve can kaybı oluşabilir.. Taşkınların kontrol edilebilmesi için özelliklerinin bilinmesi gerekir [3].

Taşkınlar pik debi, pik su seviyesi ve taşkın hacmi ile belirlenebilir. Pik su seviyesi akarsu boyunca seddelerin planlanmasında ve sel yatağında suyun yayılacağı bölgenin belirlenmesinde gerekli olur. En yüksek debi ya da pik debi taşkın kanallarının, köprülerin, menfezlerin ve dolu savakların projelendirilmesinde her zaman kullanılır [4].

Bir taşkın sırasında debinin zamanla değişimi taşkın hidrografi ile ifade edilir. Debi ve seviye zamanla yükselip bir pik değerden geçtikten sonra daha yavaş olarak alçalır. Şehirlerde pik değere hızlı bir şekilde ulaşılmaktadır [4].

### **2.2. Taşkınları Etkileyen Faktörler**

Taşkınlar kısa süreli şiddeti yüksek yağışlar, uzun süreli düşük şiddetli yağışlar, kar erimesi, barajların veya seddelerin yıkılması ya da bunların kombinasyonu sonucunda oluşurlar [4]. Ayrıca depremler, toprak kaymaları, gel-git, fırtına dalgaları da taşkınları meydana getirebilirler.. Taşkınların fiziksel yapısını kontrol eden en önemli etkenlerden biri de iklimdir. Örneğin kar erimeleri nedeniyle ilkbaharda taşkın daha çok önemli yaşanmaktadır. Drenaj havzasının ve akarsu ağının fiziksel özellikleri ise diğer önemli etkenler olarak kabul edilebilir ve birbiriyle karmaşık bir şekilde ilişkilidir. Bu etkenler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir [5].



Ancak kimi zaman insan etkisi ile de taşkınlar meydana gelebilmektedir. Gelişen şehirleşme ile tabii akarsu yatakları, köprü ayakları, boru hatları, kanalizasyon deşarjları ve diğer engeller ile daraltılmakta buda taşkınları tetiklemektedir. Taşkın yatakları ise evler, fabrikalar, demiryolları ve karayolları ile işgal edilmekte, bu ise taşkınların olası zararlarını arttırmaktadır [5]. Taşkınlara etki eden faktörler sıralanmıştır:

#### A. Drenaj Havzasının Özellikleri:

- a. Havzanın büyüklüğü,
- b. Havzanın yüksekliği,
- c. Havzanın eğimi,
- d. Zemin cinsi,
- e. Bitki örtüsü,
- f. Yeraltı akiferinin kapasitesi,
- g. Zemin nemi eksikliği,
- h. Yapay drenaj ağının tipi ve miktarı,
- e. Yüzeysel biriktirmenin tipi ve miktarı.

#### B. Akarsu Ağının Özellikleri:

- a. Akarsu yoğunluğu,
- b. Drenaj yoğunluğu,
- c. Akarsu profili.

Taşkınların değerlendirilmesinde ve analizinde ilk problem havzada taşkın yaratan faktörlerin belirlenmesidir. Eğer problem maksimum taşkınların belirlenmesi ise büyük taşkınları oluşturan sebep veya sebeplerin belirlenmesi gerekir. Örneğin büyük taşkınlar yağışların sonucu meydana geliyorsa bu fırtınaların sebep ve karakteristiklerinin belirlenmesi gerekebilir [6].

İnsan etkisi (şehirleşme, ormanların tahribi, tarım) havzadaki su depolanmasını, sızmayı ve geçirimsizliği değiştirmesi taşkınları da etkilemektedir. Şehirleşme geçirimsizliği azalttığından taşkın piklerinin erken görünmesine ve pik debinin büyük

olmasına yol açar. Bu etki yaz aylarında ve kurak bölgelerde daha önemlidir. Ormanların tahribinin genellikle taşkın piklerini artırdığı görülür, bunun nedeni sızmanın ve zeminde tutulan suyun azalmasıdır. Bu etki küçük fırtınalarda önem taşır. Tarım yapılan arazilerde drenajın etkisi zemin cinsine bağlıdır. Killi zeminlerde taşkın pikleri artarken, geçirimli zeminlerde pikler azalabilir [7].

### **2.3. Taşkın Türleri**

Taşkınlar meteorolojik açıdan, oluşma süreleri bakımından ve tekerrür aralığı ve oluşum yerleri açısından dört ayrı sınıfta incelenebilir [8].

#### **2.3.1. Meteorolojik nedenli taşkınlar**

##### **2.3.1.1. Kış yağışlarından oluşan taşkınları**

Kış aylarında meydana gelen yağışların büyük hacimli ve uzun süreli olması zeminin doymasına neden olmakta ve doyum noktasına ulaştıktan sonra büyük hacimlerde akışın meydana gelmesine neden olur. Bunun sonucunda da akarsu yatakları taşıma kapasitelerinden daha fazla su deşarj olur ve böylece taşkınlar ortaya çıkmaktadır [8].

##### **2.3.1.2. Konvektif fırtına esaslı yağışlar**

Yoğun sıcaklık farkı (konvektif) nedeniyle meydana gelen fırtınalı yağışlar çok şiddetli taşkınlara sebebiyet verebilmektedir. Özellikle, Türkiye ve Güneybatı Avrupa'da uzun süreli sıcak yaz aylarında aniden fırtınalara yol açabilmektedir. Böyle bir fırtına yerel olursa çok gelişmiş yerleşim alanlarını bile sular altında bırakan taşkınlar meydana gelebilmektedir[8].

##### **2.3.1.3. Sıcaklık farkından oluşan cephe esaslı fırtınalı taşkınlar**

Türkiye'yi de içine alan Güneydoğu ve Batı Avrupa bölgelerinde sıklıkla meydana gelen sıcak ve soğuk cephe bir araya gelince Akdeniz'den kıta içlerine doğru hareket eder. Bu durumda orta ölçekli konvektif sistemler gelişebilir ve bunlar 24

saatten fazla süren aşırı yağışları meydana getirebilir. Hava kütleleri hareketleri sırasında yüksek dağ yamaçlarına ulaşarak burada yükselti farkı (orografik) kuvvetlenmesi ile düşen yağışlar dağ yamaçlarından yüzeysel akışların daha hızlı akmasına neden olur ve taşkınlar meydana verir [8].

#### **2.3.1.4. Kar erimesinden oluşan taşkınları**

Hızlı kar erimesi özellikle ilkbahar aylarında sıcak hava hareketlerinin etkisi ile bazen taşkınları ortaya çıkabilir. Karla örtülü bir akarsu havzası üzerine düşen yağmurlarla karların birden erimesi de büyük taşkınlara neden olabilmektedir. Türkiye’de Doğu ve Güneydoğu Anadolu’daki sel ve taşkınların en önemli sebeplerinden birisi budur [9].

#### **2.3.2. Oluşma süreleri bakımından taşkınlar**

##### **2.3.2.1. Yavaş gelişen taşkınlar**

Yavaş gelişen taşkınlar bir hafta veya daha uzun bir süre içinde oluşabilirler [9]. Yeryüzüne düşen yağışlarının derelerde ani akış haline dönüşmeden, toprak sisteminden geçerek daha yavaş ve düzenli olarak akışa geçmesidir. Bitki örtüsü burada etkili olmaktadır. Aynı zamanda jeolojik ortamın geçirimsizliği ve eğimin düşüklüğü de yavaş gelişen taşkınların oluşmasında etkilidir [9].

##### **2.3.2.2. Hızlı gelişen taşkınlar**

Hızlı gelişen taşkınlar bir-iki gün içinde oluşabilirler. Bu tür gelişen taşkınlarda düşen yağışlar zayıf bitki örtüsü ve eğimden dolayı hızlıca yüzeysel akışa geçmektedir. Ayrıca şehirleşme, killi kayalardan oluşan geçirimsiz jeolojik ortam da hızlı gelişen taşkınlara sebep oluşturmaktadır [10].

### **2.3.2.3. Ani taşkınlar**

Ani taşkınlar altı saat içinde oluşabilirler ve çöller dahil dünyanın her yerinde görülebilirler. Ciddi bir fırtına sonucunda kısa bir sürede beklenenin çok üzerinde yağış nedeniyle taşkın meydana gelir. Şehir alanı içerisinde su geçirmeyen zeminlerin (asfalt, beton, vb) artması şehir içerisinde meydana gelen ani taşkınların en önemli sorunlarından birisidir [10].

### **2.3.3. Formasyon yerlerine göre taşkınlar**

#### **2.3.3.1. Akarsu ve nehir taşkınları**

Dere ve nehir taşkınları günlerce ve hatta haftalarca devam eden yağışlar sonucu zeminin tamamen doygun hale gelmesi sonucunda akarsu yataklarının taşıyabilecekleri su miktarından fazlasına maruz kalmaları durumunda ortaya çıkar. Bazı nehir taşkınları mevsimsel olarak kış ve ilkbahar yağışlarının erittiği kar sularının nehirleri doldurması ile oluşur [10].

#### **2.3.3.2. Dağlık alan taşkınları**

Genellikle karların erimesi sonucu oluşan suların meydana gelen sellerdir. Bu alanlarda eğimin yüksek olması yağışlar sonucunda suyun yeterince hızlı emilmesini engeller ve bitki örtüsünü de bağlı olarak seller meydana gelir [11].

#### **2.3.3.3. Şehir taşkınları**

Toprağın geçirimsizliğini engelleyen yapıların yüzeyi kapladığı, şehirleşmenin olduğu alanlarda meydana gelen taşkınlar, şehir taşkınları olarak da adlandırılır. Yoğun ve şiddetli yağışlarla beraber , yüzeyin geçirimsizliğinin olmadığı ya da çok azaldığı alanlarda yağışın topraktan sızamayıp, yüzeysel akışa sebep olduğu taşkın türüdür [12].

Şehir taşkınları, şehir içindeki her türlü arazide oluşabilir. Özellikle binalar, yollar ve beton kaplı arazilerin inşa edilmesiyle doğal bitki örtüsü yok olmakta şehirseller alanlarda yağışın toprağa sızması gecikmekte veya engellenmektedir. Bu nedenle ani seller bu gibi alanlarda sıklıkla meydana gelmektedir. Şehirleşme yüzeysel akışı doğal yüzeylere göre 2 ila 6 kat daha arttırmakta ve meydana gelen taşkınların şiddeti de aynı oranda artmaktadır [12].

#### **2.3.3.4. Kıyı taşkınları**

Kıyı alanları boyunca meydana gelen taşkınlardır. Tropikal fırtınalar ve kasırgalar, dev dalgalar oluşturan volkanik patlamalar ve depremler, deniz sularını kara içlerine sürükleyerek önemli taşkınlara sebep olabilir. Benzer şekilde göllerin su seviyesinde herhangi bir sebeple görülen yükselme, göl kıyılarında suyun taşması sonucunda taşkınlar ortaya çıkar [12].

#### **2.4. Taşkın Hasarları**

Taşkın zararları, taşkın sularının ve bunların taşıdığı katı maddelerin can, mal ve hizmetlere doğrudan veya dolaylı olarak verdikleri zararlarıdır. Bir akarsu havzasında oluşan taşkınların,

- a) Meskenlerde,
- b) Endüstri ve üretim yerlerinde,
- c) Kamu hizmetlerinde,
- d) Kırsal alanlarda,
- e) Ulaşım yollarında,
- f) Halk üzerinde çeşitli boyutlarda oluşabilecek zararları vardır [12], [13], [14], [15].

## 2.5. Türkiye ve Dünyada Yaşanmış Büyük Taşkınlar ve Zararları

### 2.5.1. Dünyada yaşanmış büyük taşkınlar

Uluslararası Acil Afetler Veri Tabanı verilerinden alınan bilgilere göre, dünyada 1900 ile 2008 yılları arasında toplam 2238 taşkın meydana gelmiştir. Bu taşkınlardan 2 milyara yakın kişi etkilenmiş, 3 milyona yakın kişi ise hayatını kaybetmiştir. Ekonomik olarak 200 milyar ABD Doları üzerinde zarar meydana gelmiştir. Dünyadaki taşkınlar incelendiğinde can ve mal kayıplarının en çok olduğu ülkelerin başında Çin gelmektedir [16]. Dünyada yaşanmış bazı büyük taşkınlar şunlardır:

17 Ekim 2013'te Arnavutluk'un başkenti Tiran ve çevresinde son 20 yılın en büyük sel felaketi yaşanmış, 17 kişi hayatını kaybetmiş, 39 kişi kayıp olmuş, 6 binin üzerinde kişi ise tahliye edilmiştir. Metrekareye saatte 90 kilogram yağın yağmur, Kamze nehrinin taşmasına neden olmuştur. Binin üzerinde ev sel altında kalmıştır [16].

13-17 Eylül 2013' tarihlerinde ABD'nin Kolorado eyaletinde yağışların yol açtığı sel felaketinde en az 8 kişi ölmüş, yüzlerce kişi ise kayıp olmuştur. 19.000 kadar konut taşkından hasar görmüştür [16].

13 Eylül 2013'te Romanya'nın doğusunda bulunan Galati bölgesinde taşkın sebebiyle 8 kişi hayatını kaybederken, kayıp sayısı yaklaşık 200'i bulmuştur. Taşkından 16 bin konut etkilenirken 2000'e yakın ev yıkılmıştır. 320 kilometrelik karayolunda da önemli hasar meydana gelmiştir [16].

11-25 Ağustos 2013 tarihleri arasında, Çin'de sağanak yağışlar nedeniyle meydana gelen selde yaklaşık 800 yerleşim bölgesinde büyük hasar oluşmuştur. Selde en az 250 kişi hayatını kaybetmiştir [16].

19-23 Ağustos 2013'te, Rusya'nın doğusunda aşırı yağış ve karların erimesi sonrası sel ve su baskınları yaşanmış, su seviyesi Amur ve Usuri nehirlerinde son 120 yılın

en üst seviyesine ulaşmıştır. Habarovsk şehri ile çevresinde 50 bin kişi taşkından etkilenmiş, Amur Nehri'nin taşmasıyla bölgeden 24 bin kişi tahliye edilmiştir. Afetin, tarım alanlarına verdiği zarar 500 milyon doların üzerinde olduğu tahmin edilmektedir [16].

10 Ağustos 2013'te, Japonya'nın kuzeyindeki aşırı yağışlar nedeniyle 2 kişi hayatını kaybetmiş, 5 kişi kayıp olmuştur. Iwate bölgesinde yağışlar toprak kaymasına neden olmuş, birçok ev sular altında kalmıştır [16].

5 Ağustos 2013'te, Aşır yağışlar nedeniyle Pakistan'ın Karaçi kenti sele teslim olmuş, 14 kişi hayatını kaybetmiştir [16].

10-24 Haziran 2013'de, Hindistan'ın Himalaya bölgesinde muson yağmurlarının taşıdığı nehirler su baskınlarına ve toprak kaymalarına sebep olmuş, Uttarakhand eyaletinde en az 1000 kişi yaşamını yitirmiştir. Bölgede 1000'e yakın köprü yıkılmış ve on binlerce kişi dağlık bölgede mahsur kalmıştır [16].

22 Haziran 2013'te, Kanada'nın Alberta eyaletine bağlı Kalgary şehrindeki aşırı yağışlar, Bow ve Elbow nehirlerinin taşmasına neden olmuştur. Kalgary yakınındaki Rocky Dağları, yıllık yağış miktarının yarısını 36 saat içerisinde aldığı kaydedilmiştir [16].

17 Haziran 2013'te Hindistan'ın kuzeyindeki Uttarakhand eyaletindeki etkili Muson yağmurları su baskınlarına yol açmış ve 23 kişi ölmüştür [16].

2-12 Haziran 2013'te, Romanya'nın güney ve doğu bölgelerinde etkili olan yoğun yağışlar nedeniyle bölge 15 dakika içinde sel suları altında kalmıştır. Almanya'da ise Elbe nehri taşmış, 8 kişi ölmüştür. Su seviyesi ortalamaların yaklaşık beş metre üzerine çıkarak 7 buçuk metreye ulaşmıştır [16].

Macaristan'ın başkenti Budapeşte'de Tuna Nehri'nin taşması ile şehrin büyük bölümü sular altında kalmış, ülkede selin vurduğu 30'dan fazla yerleşim yerinde

1.300 kişi evlerini terk etmek zorunda kalmıştır. Almanya ve Macaristan'la birlikte Avusturya, Slovakya, Polonya ve Çek Cumhuriyeti'ni etkileyen sel yüzünden en az 10 kişi hayatını kaybetmiştir. Maddi kayıplar yaklaşık 12 milyar Euroya ulaşmıştır [16].

15 Mayıs 2013'te , Rusya Federasyonu federe cumhuriyetlerinden Yakutistan'da aşırı yağış sonrası su baskınları meydana gelmiş, su seviyesi bazı yerlerde bir buçuk metreyi bulurken, dört bölgede acil durum ilan edilmiştir. Kurtarma ekipleri su baskınlarının meydana geldiği alanlardan 5 bin kişiyi tahliye etmiştir [16].

17 Ocak 2013'te, Hindistan'ın başkenti Mumbai'de aşırı yağışların ardından yaşanan sel, nedeniyle 18 bin kişi evlerinden olmuştur [16]. Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri aşağıdaki Tablo 2.1.'de ve Tablo 2.2.'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri [16]

| Ülke                          | Sebepl olan olay               | Ölü Sayısı   |
|-------------------------------|--------------------------------|--|
| Çin                           | 1887 Sarı Nehir Seli           | 90.000-20.000  |
| Çin                           | 1931 Çin Selleri               | 60.000-300.000   |
| Çin                           | 1938 Sarı Nehir Seli           | 5.000- 2.000   |
| Çin                           | 1975 Banq. barajının yıkılması | 21.000 (145.000 kişi taşkın sonucu hastalıklara yakalandı) |
| Hindistan ,Tayland, Maldivler | 2004 Tsunami                   | 23.000   |

Tablo 2.2. Dünyada meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri [16]

| Yıllar    | Taşkın Yeri | Taşkın Sayısı | Etkilenen Kişi Sayısı | Ölü Sayısı | Su Altında Kalan Alan (ha) | Toplam Zarar (\$) |
|-----------|-------------|---------------|-----------------------|------------|----------------------------|-------------------|
| 1900-2008 | Dünya       | 2238          | 2 Milyar              | 2.981.285  | -                          | 201 milyar        |
| 1953      | Hollanda    | 1             | Ülkenin Çoğunluğu     | 1.800      | Ülkenin Çoğunluğu          | -                 |
| 1969-1981 | ABD         | 32            | -                     | 1.185      | -                          | -                 |
| 1993      | ABD         | 2             | 54,000                | -          | 4 milyon                   | -                 |
| 1997      | Polonya     | 1             | -                     | 54         | 665 bin                    | 2-4 milyar        |



|      |           |   |          |    |         |            |
|------|-----------|---|----------|----|---------|------------|
| 2003 | Hindistan | 1 | 3 milyon | 67 | 117 bin | 55 milyon  |
| 2007 | Çin       | 1 | 403,000  | 23 | -       | 235 milyon |

### 2.5.2. Türkiye'de yaşanmış büyük taşkınlar

Türkiye’de sel ya da bir diğer ifade ile taşkın afeti, depremlerden sonra en büyük ekonomik kayıplara neden olan doğal afettir. Mevcut envanter verileri itibari ile taşkınlardan kaynaklanan ekonomik kayıp her yıl için ortalama 100 milyon ABD dolarına ulaşmaktadır. Buna karşın taşkınların kontrolü ve zararlarının azaltılmasına yönelik olarak genelde yapısal önlemler bağlamında sürdürülen projeli faaliyetler için ayrılan yatırım miktarı ise yılda ortalama 30 milyon ABD doları civarındadır [17].

1955-1997 döneminde en fazla can kaybına yol açan taşkın afeti 1957 yılı Eylül ayında Ankara’nın Hatip çayı vadisinde yaşanmış ve 185 kişinin ölümü ile sonuçlanmıştır [17].

Türkiye’de 2001 ve 2009 yılları arasında meydana gelen taşkın olaylarına bakıldığında, ülkemizde bulunan 25 havzada toplam 383 akarsuda 453 taşkın olayı meydana geldiği görülmektedir. En çok taşkın 69 akarsu da yaşanan 90 taşkın olayı ile Doğu Karadeniz havzasında görülmüştür [17].

Türkiye’de en büyük ekonomik kayıplara neden olan yaşanmış taşkınlara baktığımızda; 1975- 2010 yılları arasında; 695 taşkın olayı meydana gelmiş, 634 kişi ölmüş, 810.000 ha alan su altında kalmış, toplam zarar 3.717.000.000 ABD \$’ı olmuştur [17]. Türkiye’de meydana gelmiş taşkınlar ve karakteristik özellikleri, Tablo 2.3. ve Tablo 2.4.’de gösterilmiştir.

Taşkınlar çoğunlukla karayolu, demiryolu, hava alanı, elektrik hatları, suyuolları ve kanalizasyon sistemlerinde bozulmalara sebep olmakta, tarım alanlarını tahrip etmekte, bu da ekonomiyi olumsuz yönde etkilemektedir. Türkiye’de her yıl milyonlarca TL taşkın ve sellerden kaynaklanan zararın azaltılmasına ve yaraların

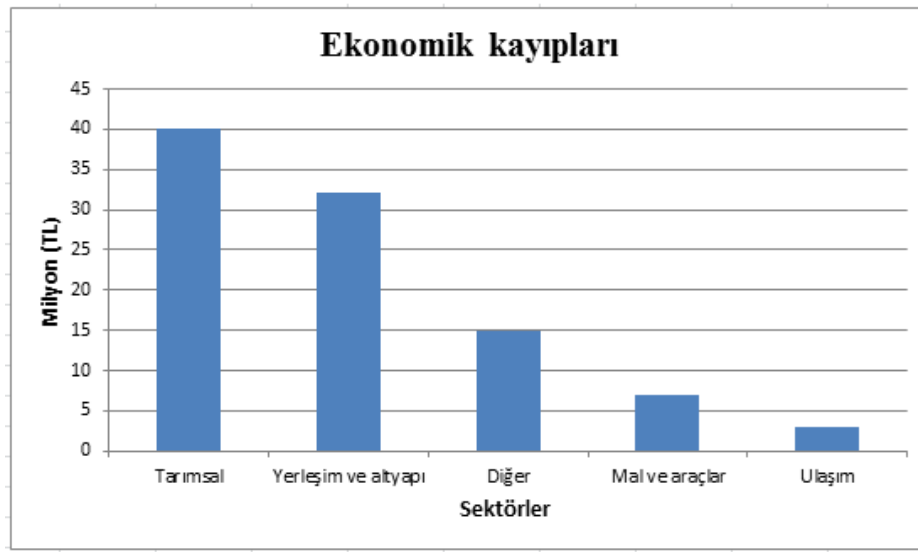
kapatılmasına harcanmaktadır. Ayrıca geçmişten bugüne yaşanan seller pek çok insanın ölümüne, yaralanmasına ve çeşitli şekillerde sağlığının bozulmasına neden olmaktadır. Söz konusu taşkınlar sonucu Türkiye’de yaşanan ekonomik kayıpların sektörel bazda dağılımı Şekil 2.1. ‘de verilmiştir [17].

Tablo 2.3. Türkiye’de 1989-2015 döneminde meydana gelen taşkınların karakteristik özellikleri [17]

| <i>Yıl</i>    | <i>Taşkın sayısı</i> | <i>Ölü sayısı</i> | <i>Su altında kalan alan (ha)</i> |
|---------------|----------------------|-------------------|-----------------------------------|
| 1989          | 10                   | 1                 | 9500                              |
| 1990          | 26                   | 57                | 7450                              |
| 1991          | 23                   | 23                | 15770                             |
| 1992          | 14                   | 1                 | 690                               |
| 1993          | 2                    | -                 | 60                                |
| 1994          | 9                    | 4                 | 1680                              |
| 1995          | 20                   | 164               | 201100                            |
| 1996          | 4                    | 1                 | 11000                             |
| 1997          | 1                    | -                 | 1390                              |
| 1998          | 2                    | 57                | 7000                              |
| 1999          | 1                    | 3                 | -                                 |
| 2000          | 4                    |                   | 8066                              |
| 2001          | 6                    | 8                 | 43297                             |
| 2002          | 2                    | 27                | 510                               |
| 2003          | 21                   | 7                 | 64200                             |
| 2004          | 19                   | 3                 | 25750                             |
| 2005          | 33                   | 14                | 13855                             |
| 2006          | 19                   | 45                | 85810                             |
| 2007          | 15                   | 11                | 1050                              |
| 2008          | 13                   | 2                 | 9 430                             |
| 2009          | 21                   | -                 | 54200                             |
| 2010          | 12                   | -                 | -                                 |
| 2011          | 25                   | 17                | -                                 |
| 2012          | 16                   | 3                 | -                                 |
| 2013          | 19                   | 9                 | 23176                             |
| 2014          | 20                   | 5                 | 61231                             |
| 2015          | 26                   | 14                | 78487                             |
| <b>TOPLAM</b> | <b>400</b>           | <b>503</b>        | <b>725208</b>                     |

Tablo 2.4. Türkiye’de meydana gelen önemli taşkınlar ve etkileri [17]

| Yıllar    | Taşkın Sayısı | Ölü | Su altında kalan alan (ha) | Toplam zarar (\$) |
|-----------|---------------|-----|----------------------------|-------------------|
| 1980-1989 | 152           | 63  | 190.000                    | 1.500.000.000     |
| 1990-1999 | 102           | 310 | 250.000                    | 2.000.000.000     |
| 2000-2009 | 281           | 176 | 250.000                    | 2.000.000.000     |
| TOPLAM    | 695           | 634 | 810.000                    | 3.717.000.000     |



Şekil 2.1. Ekonomik kayıpların sektörel bazda dağılımı

Taşkın zararlarının sektörler itibari ile dağılımına bakacak olursak; % 45’i tarımsal alanlarda, % 32’si yerleşim ve altyapıda, % 7’si taşınabilir mal ve araçlarda, % 1’i ulaşım, % 15’inin de diğer alanlarda olduğu tespit edilmiştir [17].

### **BÖLÜM 3. LİTERATÜR**

Taşkınları iyi bir şekilde tanıyabilmek, onların davranışlarını ve olasılıklarını tahmin etmek insan yaşamı ve güvenliği açısından önemlidir [18], [19]. Taşkın risk bölgeleri değerlendirmeleri ve risk analizi ile ilgili Literatürde yer alan çalışmalardan bazıları aşağıda yer almaktadır.

Uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu ile taşkın alanlarının belirlenmesi ile ilgili literatürde yer alan çalışmalardan başlıcaları şunlardır;

Batur (2012) tarafından yapılan çalışmada, 16 Şubat 2010 tarihinde Meriç Nehri'nde meydana gelen taşkın optik uydu görüntüleri kullanılarak incelenmiştir. Taşkın öncesi, taşkın dönemi ve sonrasını kapsayan çok zamanlı Landsat 5 TM (Thematic Mapper) görüntüleri kullanılarak taşkın etkilediği alanlar belirlenmiş, yine bu görüntüler yardımıyla arazi örtüsü ve taşkın haritaları oluşturulmuş ve çeşitli değerlendirmeler yapılmıştır. Taşkın öncesi, taşkın dönemi ve sonrasına ait uydu görüntülerine kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır. Elde edilen tarım alanı verileri ile DSİ XI. Bölge Müdürlüğü-Edirne'nin yersel çalışmaları (gözlemsel tekniklerle elde edilen verilerin haritalara işlenmesi) sonrasında bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kontrollü sınıflandırma yöntemiyle bulunan taşkından etkilenen tarım alanının, DSİ XI. Bölge Müdürlüğü- Edirne verileri ile karşılaştırılması sonucunda %91 gibi yüksek bir doğruluk oranına sahip olduğu belirlenmiş ve optik uydu görüntülerinin taşkın çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılabileceği gösterilmiştir [20].

Özdemir (2008), havran çayını konu alan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Havran Çayı üzerinde geçmiş dönemlerde bir çok kez taşkınlar meydana gelmiştir. Bu taşkınları önleme ve azaltma amacıyla Havran Çayı yatağı üzerinde bazı çalışmalar yapılmış

olup, Havran Barajı inşaatı da bunlardan bir tanesidir. Bunun için çalışmada, barajın dikkate alınmadığı ve dikkate alındığı akarsuların taşkın tekrarlama sıklıklarına göre ortaya çıkan senaryolar ile baraj kaynaklı meydana gelebilecek dolu savak taşkını ve olası baraj yıkılmasıyla ortaya çıkacak taşkın senaryolarına göre risk analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak barajdan kaynaklanabilecek taşkınların ortaya çıkaracağı zarar, normal taşkınlarla oranla daha fazla olmaktadır [21].

Özşahin (2013) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin en önemli ovalarından birisi olan Amik Ovasının taşkın durumu incelenmiştir. Ovanın doğal ve beşeri özellikleri nedeniyle meydana gelen bu doğal afetler, son yıllarda ciddi oranda ekonomik zarara neden olmuştur. Bu çalışmada, Amik Ovası'nda daha önce yapılan araştırmalardan farklı olarak ilgili doğal afetin, risk potansiyeli ile indeksinin analiz edilmesi ve böylece olası taşkın riskinin haritalandırılıp, açıklanması amaçlanmıştır. Sonuç olarak CBS yöntem ve teknikleriyle gerçekleştirilen bu çalışma, Amik Ovası'nda yaşanan taşkın afetinin çözümlenmesine yönelik hazırlanmış bir öneri niteliği taşımaktadır [22].

Tate (2002), Texas'ta Waller Nehir Havzası'nı çalışma alanı olarak seçip, bu havzanın topoğrafik verilerinden oluşturdukları Triangulated Irregular Network (TIN) adı verilen üçgen interpolasyonlardan meydana gelen arazi modeli ve hava fotoğraflarıyla HEC-RAS'a girdi olarak kullanacakları kesitleri belirlemişler ve hidrolik model sonuçlarını ArcView'e girerek, iki ve üç boyutlu taşkın risk haritalarını oluşturmuşlardır [23].

Baga (1999) tarafından CBS kullanılarak, taşkın risk haritalarının oluşturulması, taşkının risklerinin ortaya konulması için Türkiye'de yapılan ilk uygulamada, Çayboğazı Havzası'nın Muğla Fethiye İlçesi'nde, Danish Hydraulic Institute (DHI) ve ESRI tarafından geliştirilen Mike 11 GIS modülünü kullanmış ve çeşitli durumlara (taşkın seddesi olması ve olmaması) göre taşkın risk haritalarını hazırlamıştır [24].

Kaleyci (2004), Bartın ve Silifke Havzaları'nda görülen taşkınların doğal ortama verdikleri zararları en aza indirmek için CBS teknolojisi yardımıyla çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Plansız yerleşme, kontrolsüz nüfus artışı vb. sebeplerle, kontrolsüz arazi kullanımının taşkınlara neden olduğunu ve bunun da zararları arttırdığını vurgulayan bu çalışma, Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) 90m çözünürlüklü sayısal eğim modelleri, Ikonos uydu görüntüleri, bölgelerin mevsimsel yağış verileri, sayısal topoğrafik haritaları, uzaktan algılama teknikleri ve ArcGIS programlarını kapsamaktadır. Bu çalışma sonrasında Türkiye'de yaşanan taşkın felaketlerinin önlenmesi ve bu felaketlerden doğacak zararın en aza indirgenmesi için CBS tabanlı "karar destek sistemleri" kurulması önerilmiştir [25].

Turan (2002), CBS'ni kullanarak Ulus Havzası'nın hidrolojik taşkın analizini yapmak ve olası taşkınları tahmin etmek için yaptıkları çalışmada, Mike 11 modelleme sistemini kullanarak 25, 50 ve 100 yıl tekerrürlü taşkın debilerini hesaplamışlar ve taşkın risk haritası oluşturmuşlardır [26].

Özdemir (2007), Havran Çayı Havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizini gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmada Havran İlçe merkezi ve ovası için taşkın risk haritaları oluşturulurken CBS, HECRAS ve HEC-GeoRAS yazılımlarından yararlanılmıştır. 1/25000 ölçekli topoğrafik verilerin yanı sıra Havran Çayı yatağındaki GPS verileri ve uydu görüntüleri, ArcGIS, ArcGIS'in bir uzantısı olarak çalışan ve HEC-RAS'a girilecek geometrik verilerin hazırlandığı Hec-GeoRAS ve HEC-RAS yazılımları kullanılarak, farklı senaryolara bağlı taşkın haritalamaları yapılmıştır. Çalışmada kullanılan verilerin hassasiyeti doğrultusunda oluşturulan haritaların doğruluğu etkilenmiştir [27].

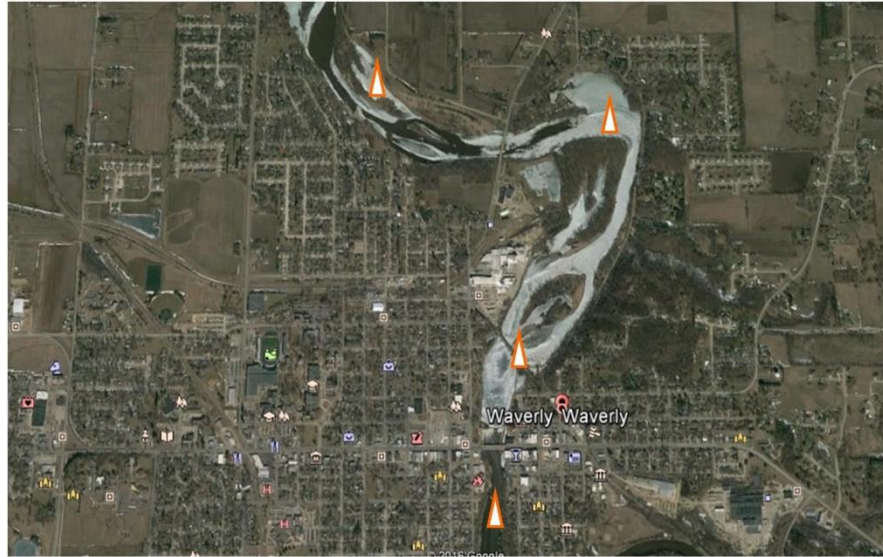
Özcan (2008), Sakarya Havzası için yaptığı çalışma kapsamında uzaktan algılama verileri, yersel çalışmalar ve farklı veri grupları Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında modellenerek Aşağı Sakarya Havzası'nda taşkın risk analizi gerçekleştirilmiştir. Modelleme aşamasında, Çok Kriterli Karar Verme Analizi ve Hidrolojik Modelleme yöntemleri kullanılmış ve sınır koşullarına göre yöntemlerin karşılaştırması


yapılmıştır. Havzada uygulanan taşkın risk analizi çalışmalarında kullanılan iki yöntemin de sınır koşulları göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalara göre Hidrolojik Modellemenin daha doğru bir sonuç ortaya koyduğu belirlenmiştir. Bu model sonucuna göre, olası taşkın etkileyeceği alanlar toplamda 3950 ha olmak üzere, yerleşim alanları için 620 ha olarak ve geri kalan alanlar da tarım alanları olarak belirlenmiştir. Uygulanan risk analizi sonuçlarına göre bölgede çeşitli senaryolar oluşturularak olası bir taşkın için risk yönetiminin uygulanması ile elde edilen kazanımlar ortaya konulmuştur [28].

Tonbul (2013), yaptıkları çalışmada Osmancık İlçe Merkezinde bulunan Kavaközü Deresinin CBS destekli taşkın alanının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, potansiyel taşkın alanlarının belirlenmesinde kullanılacak parametreler, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir. Bölgenin yağış klimatolojisi, Sayısal Arazi Modeli (SAM), girdi parametreleri olarak ele alınmıştır. Taşkından etkilenme tehlikesi bulunan muhtemel alanlar, Q100 ve Q500 yıllık bir periyot için belirlenmiştir [29].

## BÖLÜM 4. ÇALIŞMA SAHASI

Waverly şehri 43°58'K-41°09'K elemleri ile 93°39'B-91°01' boylamları arasında ABD' nin orta kuzey batısında bulunmaktadır (Şekil 4.1.) ve Cedar Nehrinin kenarındadır. Cedar Nehri, Mississippi Nehrinin doğu Iowa'daki en büyük kollarından biridir. Mississippi Nehrine yaklaşık 156 km uzaklıktadır. Cedar Nehrinin havzası 20,319 km<sup>2</sup> dir. Çalışma sahası, havzanın kuzeybatısından güneydoğusuna 23 km' lik kısmını kapsamaktadır. Toplam çalışma sahası 145.5 km<sup>2</sup> lik alanı kapsamaktadır. Waverly şehri ise toplam alanın 29.81 km<sup>2</sup> lik bölümünde yer almaktadır. 2013 yılında yapılan sayıma göre, Waverly şehrinde 10,070 kişi yaşamaktadır. Bu nüfusun %86 kent merkezinde içinde ve %14 lük kısmı ise kent merkezi dışında kalan alanlarda yaşamaktadır. Waverly Şehri deniz seviyesinden 289.8 m yükseklikte bulunmaktadır. Havza güneyden kuzeye yaklaşık 0,00045 m/m eğime sahiptir [30].



 Cedar Nehri



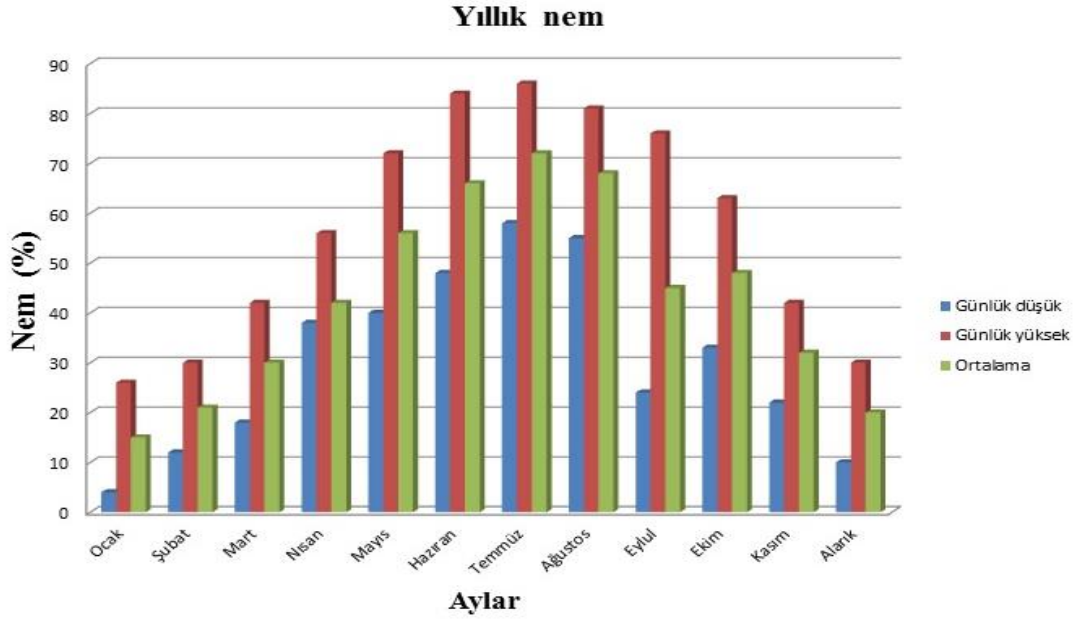
Şekil 4.1. Çalışma sahası



## 4.1. Çalışma Alanının İklim ve Yağış Özellikleri

### 4.1.1. Nem

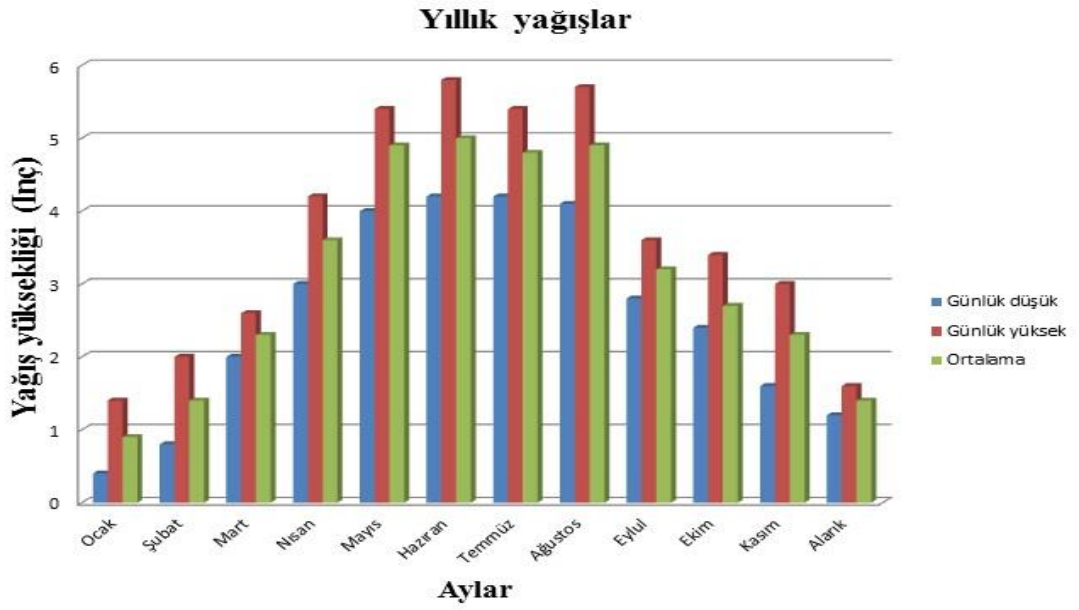
Yılın büyük kısmı yağışlı geçen bölgede nem oranları da yıl boyunca etkilidir (Şekil 4.2.). Amerika'da bulunan nem ortalamasının üst sınırında değere sahiptir .



Şekil 4.2. Waverly'deki yıllık nem değişimi

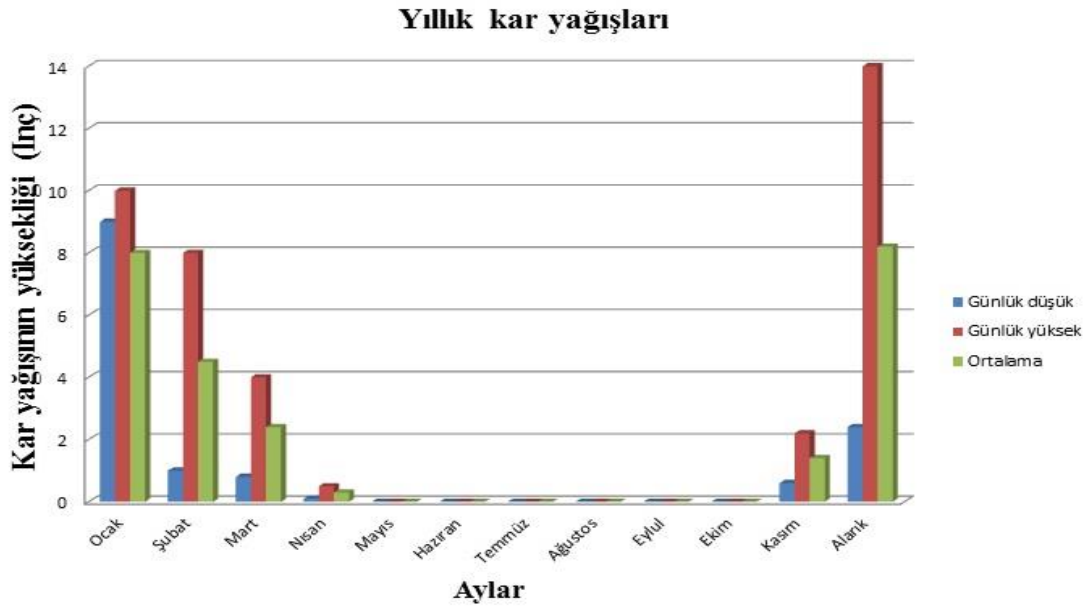
### 4.1.2. Yağış

Genel iklime baktığımızda Orta batı Amerika iklim kuşağında yer alan Waverly şehri doğu ve batı doğrultularından gelen nemli olan hava tabakalarının Kanada ve Alaska tarafından gelen soğuk hava tabakalarıyla birleşmesi sonucu yeterli yoğunlaşma oranına ulaşması sonucu yağmur ve kar şeklinde bölgeye yağmaktadır. Kar yağışının büyük kısmı , Kasım ve Mart ayı sonuna kadar devam eder. Nisan ayından sonra yağmur yağmaya ve karlar erimeye başlar, ikisi de bu bölgeye önemli derecede su bırakır. Şekil 4.3. te yıllık yağışlar gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Wavery'deki yıllık yağış dağılımı

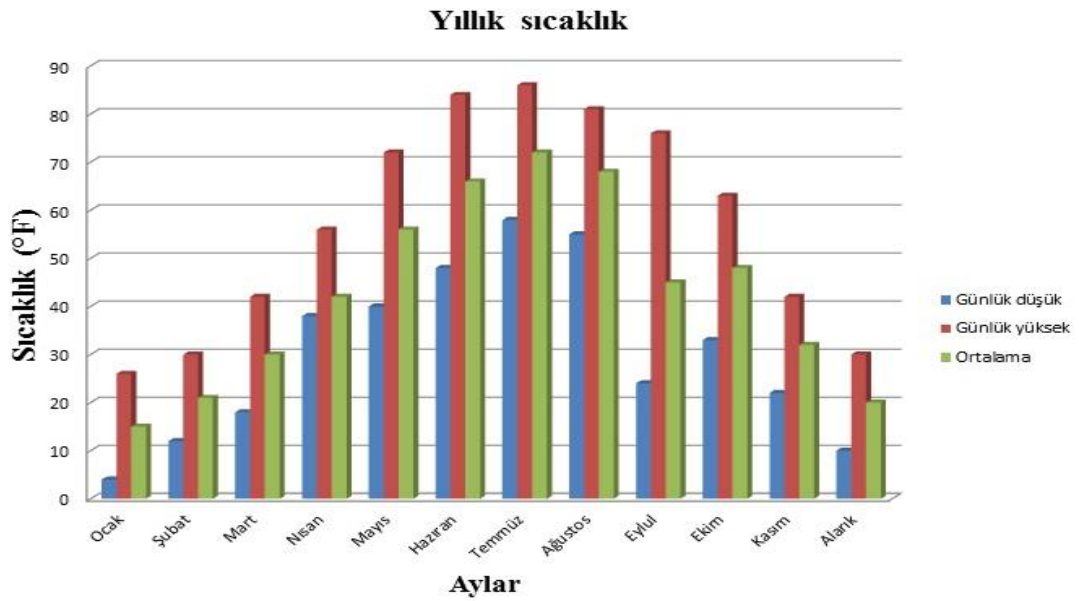
Genel olarak her yıl, yağışlar Nisan ayının başlaması ile artış gösterip Kasım ayının sonuna kadar etkili olur. Özel olarak Haziran ve Temmuz aylarında fırtına ve kasırga şekline dönüşen yağışlar bölgede etkili olur. Kuvvetli yağışlar doğu-batı doğrultusunda olduğu zaman bu yağışların kuzey güney doğrultusunda devam eden nehirlerle etkisi daha fazla olur ve 2008 yılında da görüldüğü gibi büyük taşkınlara neden olmuştur [30]. Şekil 4.4.'te yıllık kar yağışları gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Waverly'deki yıllık kar yağışı dağılımı

#### 4.1.3. Sıcaklık

Bütün şehirlerde bulunan istasyonların kaydedilmiş sıcaklık verilerinden minimum ve maksimum değerlerine bakıldığında, sıcaklık artışının şehirleşme ile oldukça ilgili olduğu görülmektedir. Şehirleşme arttıkça yüzeydeki enerji dengesi belirleyen parametreler değişir ve ısınma nedeniyle kentsel ısı adası meydana gelmektedir. Bu durumda şehirlerin sıcaklıkları etrafındaki kırsal alanlara göre birkaç derece daha sıcak olabilmektedir. Ancak ölçüm istasyonu şehir merkezinden dışarıda konumlu olduğundan bölgeyi iyi ifade eder. Waverly şehrinde yıl boyunca sıcaklık ortalaması, Amerika'daki genel sıcaklık ortalamasından düşüktür (Şekil 4.5.) [31].



Şekil 4.5. Waverly'deki sıcaklık değişimi

#### 4.2. Iowa Eyaletinde Yaşanmış Taşkınlar

2008 Haziran'da, Waverly Şehrinde ve genel olarak Iowa eyaletinde meydana gelen taşkınlar bir çok can ve mal kayıplarına sebep olmuştur [31]. Bu bölgede sık sık taşkınlar olmaktadır, fakat 2008 yılı taşkını 1985 yılında ve 1999 yılında yaşanmış taşkınlardan sonra Iowa eyaleti için yaşanmış en büyük doğal afet olarak gösterilmiştir[31]. 2008'de yaşanmış taşkın toplamda \$10 milyar zarara yol açtığı tahmin edilmektedir. Bir çok tarım arazileri, bir çok kasaba tamamen sular altında kalıp, binlerce kişi etkilenmiştir. Iowa'daki 40000 kişilik yerleşim yerinin boşaltmasına neden olmuştur. Kışın meydana gelen ağır kar yağışları sonrasında baharın gelmesi ile artan şiddetli yağmurlar taşkında temel etkenler olmuştur. 500 yıl tekerrürlü bir taşkın debisinden daha büyük bir debi meydana gelip Waverly ve Iowa Eyaletini taşkına maruz bırakmıştır (Şekil 4.6.) [31].

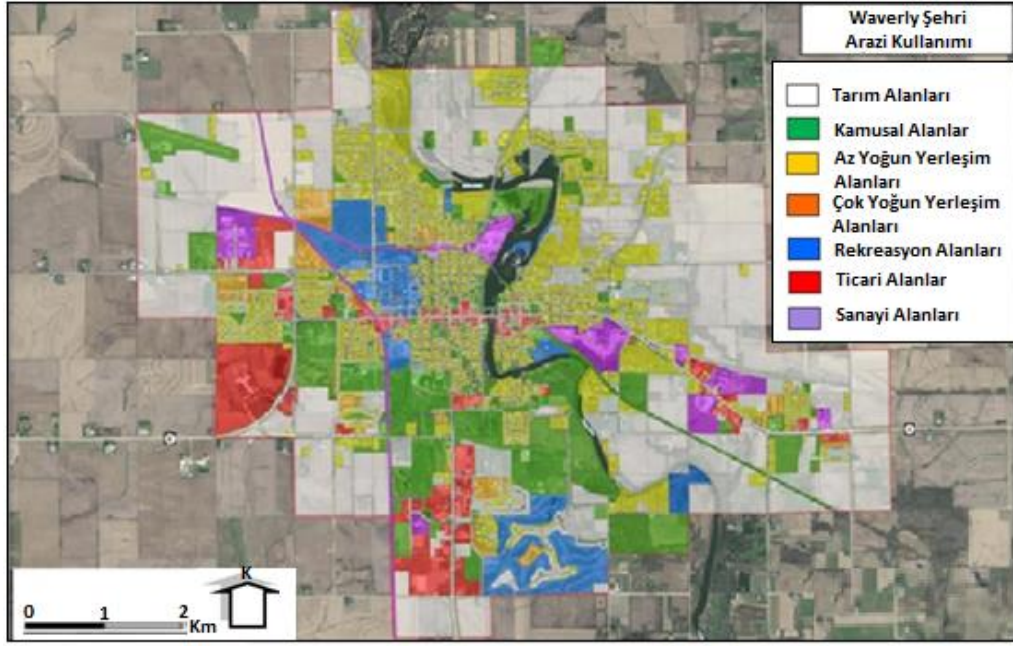


Şekil 4.6. 2008 yılı Waverly sel felaketinden görünümeler

### 4.3. Arazi Kullanımı

Havza, üzerine düşen yağış sularını belirli bir akarsu kesitine gönderen ve komşu havzalardan, sırtlardan geçen bir su ayırım çizgisiyle ayrılan, hidrolojik, topografik bir arazi birimi olarak tanımlanmaktadır. Havzanın bir hidrolojik birim olarak önem taşıması arazi kullanım sınıflarının bir planlama kapsamında ele alınmasını gerektirmektedir. Özellikle şehirleşmenin yoğun olduğu bir bölgede bu sorunun önemi artmaktadır.

Waverly şehri ve Cedar nehri havzasının %70 civarı tarım arazi ve mera alanları niteliğindedir. Bu arazi ise kuru otlar, mısır, soya fasulyesi, yulaf gibi bitki örtüsü ile kaplıdır. Bölgede geniş mısır tarlaları bulunmakta ve Amerika'nın mısır deposu olarak isimlendirilmektedir. Nehir boyu tamamen sık ormanlarla kaplı olup adacıklar şeklindedir. Şehir merkezi toplam çalışma alanının yaklaşık %20'lik bir kısmını oluşturarak yaklaşık 29,81 km<sup>2</sup>'lik bir alana yayılmıştır [31].



Şekil 4.7. Waverly şehrinin arazi kullanımı

## **BÖLÜM 5. YÖNTEM**

### **5.1. CBS’de Mekansal Ağırlık Fonksiyonu**

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekânsal veriler için haritalar oluşturulmasında ve mekânsal desenlerin ve ilişkilerin tespit edilmesinde kolaylıklar sağlayarak, karmaşık coğrafi problemlerin çözümüne yardımcı olmaktadır [32].

İncelenen bir doğa olayı zaman ve mekâna bağlı olarak bir değişim gösteriyorsa ve bu değişim belirli bir yapıya sahipse, bu değişken çevresel değişken olarak adlandırılır [33]. Çevresel değişkenlerin en dikkat çeken özelliklerinden biri, onların mekânsal-zamansal boyutunun varlığıdır. Bir çevresel değişkenin mekânsal-zamansal boyutu; değişkenin, coğrafi lokasyonu (enlem, boylam), yüksekliği, ölçüm zamanı (yıl, ay, gün, saat, dakika vb. gibi) ve mekânsal-zamansal destek boyutunu (çalışma alanının boyutu ve ölçüm zaman aralığı) kapsayan en az dört parametresiyle ifade edilmektedir [33].

Mekânsal planlama, karar verme, arazi değerlendirme konularında çevresel değişkenlerin önemli bir yeri vardır. Bir alanda mevcut değişkene ait dağılım haritası oluşturmak, değişken hakkında doğru ölçüm ve güvenilir analizler yapmayı gerektirmektedir. Çünkü çevresel değişkenler yalnızca mevsimsel olarak değil, birkaç saniye içinde de değişim gösterebilmektedir. Geleneksel istatistik yöntemleri ile yapılan analizlerde herhangi bir değişkenin varyans ve ortalaması hesaplanırken gözlemlerin yapıldığı yerin coğrafi konumu ve gözlemler arası mekânsal otokorelasyonu dikkate alınmamaktadır [34]. Bir dağılımın mekânsal deseni, mekânın içerisindeki her bir varlığın düzeni ve bunlar arasındaki coğrafi ilişkileri tarafından belirlenir [34]. Mekânsal otokorelasyon, “*herşey başka herşeyle ilişkilidir*;

*yakın olan şeyler uzak olanlara göre daha çok ilişkilidir”* olduğunu ifade eden coğrafyanın ilk kanuna dayalıdır [35].

Böylece mekânsal otokorelasyon, bir alan içindeki benzer objeleri veya alandaki bir mekânsal fenomenin kendisiyle olan bağıllık derecesini ölçmektedir [36]. Gözlemler arası ilişkinin (korelasyon) önemli olduğu durumlarda, verilerin analizi, gözlemi bulunmayan noktalara ilişkin tahminler yapılması, değişkenin alansal ortalama değerinin tahmin edilmesi ve haritalanması geleneksel istatistik yöntemleri ile mümkün değildir [37].

Bu sebeple, gözlemlerin yapıldığı noktaların konumlarını ve gözlemler arası ilişkiyi göz önüne alan coğrafi istatistik yöntemler, Bölgesel Değişkenler Teorisinin (Theory of Regionalized Variables) geliştirilmesini takiben, pek çok disiplinde hızlı bir şekilde uygulanmaya başlamıştır. Gözlem verilerinin deneysel yarıvariogram yapısının belirlenmesi ve bu yarıvariogram yapısına teorik bir modelin uydurulması coğrafi istatistik çalışmalarının temelidir. Değişkenin doğru olarak tahmin edilmesi, gözlem noktalarının sıklığına, gözlem noktalarının mekânsal değişkenliğine ve bu değişkenin göstergesi olan yarıvariogram modelinin doğru olarak belirlenmesine bağlıdır [37].

Kısaca coğrafi istatistik teknikler, mekânsal değişim ölçeğinin belirlenmesi ve tahmin edilmesi, bölge tanımlanması, çoklu veri analizi, olasılık haritaları gibi birçok mekânsal problemlerde uygulanabilir olmayı ve sadece çevresel bir değişkenin bulunduğu alan boyunca tahmin haritaları oluşturmayı değil, değişkenin neden orada lokasyonda yer aldığını ve buna etki eden nedenleri de anlamayı amaçlamaktadır.

Bu amaçla Histogram, Kriging, Normal Q-Q Plot, Yarıvariogram/Kovaryans Bulutu vb. gibi tanımlayıcı istatistik yöntemleri mevcuttur [37]. Bu çalışmada Kriging istatistik yöntemi kullanarak mekansal analizler yapılmıştır.



### 5.1.1 Kriging ve ağırlık fonksiyonları

Kriging yöntemi, ölçümü yapılmış lokasyonlardan, ölçüm yapılmamış olan lokasyonlardaki değişkenlerin değerini tahmin etmek için kullanılan tekniklerin genel ismi olarak ifade edilmektedir [38]. İlk olarak Güney Afrikalı maden mühendisi, D.G. Krige tarafından 1950'li yıllarda cevher rezervi alanlarının daha doğru tahmini için geliştirilmiş olan bir enterpolasyon yöntemidir [38]. 1963 yılında, Fransız maden mühendisi Matheron'un bu yöntemden yola çıkarak Bölgesel Değişkenler Teorisini geliştirmesiyle, farklı bilim alanlarında da sıkça kullanılmaya başlamıştır. Son yıllarda, Kriging tekniği coğrafi istatistik alanında temel bir araç haline gelmiştir [39]. En küçük hata kareler ortalaması yöntemine dayanan Kriging yöntemi en iyi doğrusal yansız tahmin edici olarak bilinmektedir. Kriging yöntemi ile belirlenen ağırlıklar, yarıvariograma ve verinin mekânsal konumuna bağlıdır. Tahmin değerleri ile gerçek değerler arasındaki ortalama farkın sifira eşit ve tahmin hata varyansı en düşük seviyede olacak şekilde hesaplanır. Farklı Kriging teknikleri olup, OK (Ordinary Kriging) bunlardan en yaygın kullanılanıdır. OK yönteminde bilinmeyen değerlerin tahmini, değişkenlerin durağan ve ortalamasının sabit olduğu varsayımına göre gerçekleştirilir. Tahmin ağırlıkları yarıvariogram modellerine dayanır. OK'de kullanılan temel eşitlik aşağıda Denklem 5.1 de gösterilmektedir,

$$Z(X_0) = \sum_{i=1}^N W_i Z(X_i) \quad (5.1)$$

Formülde  $Z(X_0)$ ,  $X_0$  noktasına ilişkin Kriging değerini;  $Z(X_i)$ , değişkenlerin her bir  $X_i$  noktasında gözlenen değerleri;  $W_i$ , her bir  $Z(X_i)$ , 'ye karşılık gelen ağırlık değerlerini;  $N$  ise,  $Z(X_0)$ ' in Kriging tahmininde kullanılacak nokta sayısını ifade etmektedir.

## 5.2. Bulanık Mantık

### 5.2.1. Bulanık Mantık ve Karar Verme

Klasik mantıkta (Boolean Mantık) karar verilirken bir çok şartlar kullanılır ama her bir şartın karar vermede işlevlerini yerine getirmesi gerekmektedir. Doğru kararlar verilmesi zordur. Verilen kararların doğruluğu ise söz konusu belirsizliğin riske dönüştürülebildiği ölçümlerle kontrol edilecektir. Fakat karar vericiler karar sürecinde klasik ya da mantıksal yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorsa, sonuçta verilen kararlar, iyi – kötü, güzel – çirkin, doğru – yanlış, evet – hayır, siyah – beyaz ya da 0 – 1 gibi kararlar olacaktır. Oysa gerçek yaşam mutlak ayırım üzerine kurulu değildir. Diğer bir deyiş ile karar ortamlarında kesinlikle siyah ve mutlak beyazın yanında binlerce renk tonunun varlığı unutulmamalıdır [40].

Bu noktada genel anlamda karar süreçlerinde belirsizliğin nasıl öngörüüleceği ve nasıl karar süreçlerinin bir parçası haline getirilebileceği yolunda çalışmalar başlamış ve bu çalışmaların sonunda alternatif bilimsel yaklaşım (Bulanık Mantık) düşüncesi ortaya atılmıştır [40]. Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Klasik Mantık-Bulanık Mantık Arasındaki Temel Farklılıklar

| <i>Klasik Mantık (Boolean Mantık)</i> | <b>Bulanık Mantık</b>      |
|---------------------------------------|----------------------------|
| A <u>veya</u> A Değil                 | A <u>ve</u> A Değil        |
| Kesin                                 | Kısmi                      |
| Hepsi veya Hiçbiri                    | Belirli Derecelerde        |
| 0 veya 1                              | 0 ve 1 Arasında Süreklilik |
| <b>İkili Birimler</b>                 | Bulanık Birimler           |

Loutfi Zadeh<sup>7</sup> e göre bulanık mantık çoklu değerliliklidir. Klasik mantığın 0 – 1 önermelerine karşılık bulanık mantık, üç veya daha fazla sayıda önerme oluşturur [41].

Bulanık mantığın başlıca özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- “doğru” , ”çok doğru” , ”az çok doğru” v.b. gibi sözel olarak ifade edilen (linguistik-dilsel-değişkenli)doğruluk derecelerine sahip olması,
- Geçerliliği kesin değil fakat yaklaşık olan çıkarım kurallarına sahip olması,
- Her kavramın bir derecesi olması,
- Her mantıksal sistemin bulanıklaştırılabilmesi,
- Bulanık mantıkta bilginin, bulanık kısıtlara ait değişkenlerin esnekliği veya denkliğiyle yorumlanması.

### 5.2.2. Bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları

Bulanık mantık, Sayıların Komşuluğu felsefesine dayanır. Karar sürecinde bir durum bir sayıyla ifade ediliyorsa, söz konusu durumun kabul edilirliliği o sayının gerçekleşmesinde sağlanacaktır. Ancak söz konusu sayıya yakın sayılar karar sürecinin bir parçası olarak algılanmayacaktır. Oysa belirli bir güven katsayısında bu sayıların farklı popülasyonların üyeleri olduğunu öne sürmek de istatistiksel açıdan yanlış olacaktır. Örneğin bir tezgahta işlenen bir parçanın sıcaklığının  $39^{\circ}\text{C}$  ye ulaşması, tezgahın bakım sürecini başlatan bir durumsa belki de sıcaklığın  $36^{\circ}\text{C}$  ye ulaşması da aynı bakım sürecinin başlaması için bir ön şart olarak kabul edilebilir. Bu durumda aynı temel amaca hizmet eden sayıların komşuluğundan söz etmek mümkündür [41].

Eğer  $A \in R \in (-\infty, +\infty)$ ’ da, söz konusu kümenin bir elemanı ise  $\mu_A(x)$  üyelik fonksiyonu  $R \rightarrow [0,1]$  aralığında oluşur. Diğer bir deyişle  $A$  kümesi  $A = [a_1, a_3]$  aralığında ise genel olarak  $\mu_A(x)$  üyelik fonksiyonu Denklem 5.2. de gösterilebilir.

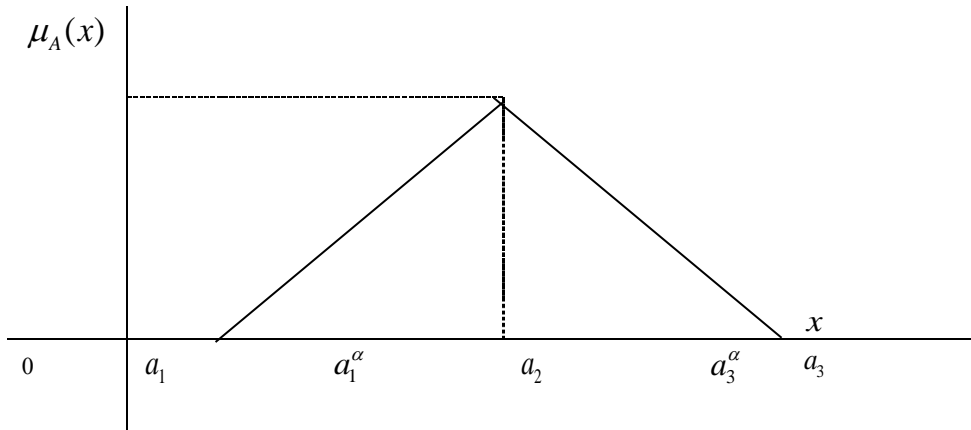
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ 1, & a_1 \leq x \leq a_3 \\ 0 & x > a_3 \end{cases} \quad (5.2)$$

Üyelik fonksiyonları genellikle, üçgensel üyelik fonksiyonları ve yamuk üyelik fonksiyonları olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir.

$\mu_A(x)$  üçgensel üyelik fonksiyonu, Denklem 5.3 de tanımlanmıştır.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (5.3)$$

Denklem 5.4'e göre küme,  $A = (a_1, a_2, a_3)$  olmalıdır. Burada  $a_2$  normal değerli üyelik olarak tanımlanabilir. Bulanık Mantık bu noktada bir  $\alpha$  katsayısına bağlı olarak  $a_2$ 'ye yakın değerlerin, bu değere yüklenen anlam ile temsil edileceğini varsaymaktadır [41]. Diğer bir deyişle  $a_2$ 'deki belirsizlik, varsayılacak ya da dağılıma göre bulunabilecek bir  $\alpha$  katsayısı ile tolere edilebilir. Söz konusu komşuluk Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Sayıların Komşuluğu

$\alpha$  değeri bulanık mantık terminolojisinde kesim katsayısı olarak adlandırılır.  $a_1^\alpha$  ve  $a_3^\alpha$  sayıları ise  $a_2$  normal değerinin komşuluğunu oluşturan aralığın alt ve üst sınır değerleridir. Diğer bir deyişle  $a_1^\alpha$  ve  $a_3^\alpha$  aralığındaki tüm sayılar  $a_2$  normal değeri ile

aynı anlama sahiptir.  $a_1^\alpha$  ve  $a_3^\alpha$  değerleri Denklem 5.4 ve Denklem 5.5 yardımıyla bulunabilir.

$$\frac{a_1^\alpha - a_1}{a_2 - a_1} = \alpha \quad (5.4)$$

$$\frac{a_3 - a_3^\alpha}{a_3 - a_2} = \alpha \quad (5.5)$$

Denklem 5.5 ve Denklem 5.6'den  $\forall \alpha \in [0,1]$  için  $A_\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha]$  aralığı oluşturulabilir.  $a_1^\alpha$  ve  $a_3^\alpha$  değerleri Denklem 5.6 ve Denklem 5.7'de gösterilmiştir.

$$a_1^\alpha = \alpha(a_2 - a_1) + a_1 \quad (5.6)$$

$$a_3^\alpha = a_3 - (a_3 - a_2)\alpha \quad (5.7)$$

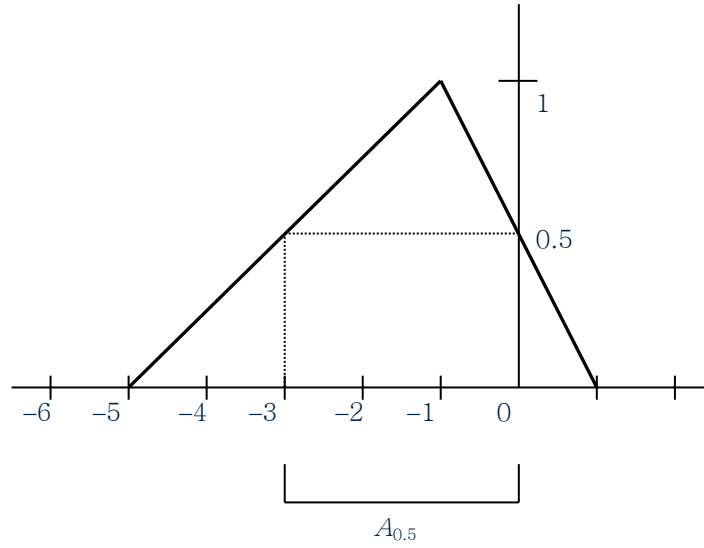
Örneğin üçgensel bulanık mantık sayılarına ilişkin küme  $A = (-5, -1, 1)$  ise bu durumda Denklem 5.8 den üyelik fonksiyonu,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < -5 \\ \frac{x+5}{4}, & -5 \leq x \leq -1 \\ \frac{1-x}{2}, & -1 \leq x \leq 1 \\ 0, & x > 1 \end{cases} \quad (5.8)$$

olarak bulunur. Eğer karar verici  $\alpha$  kesim katsayısını 0,5 olarak saptamışsa -1 normal değerinin komşuları Denklem 5.6 ve Denklem 5.7;  $a_1^{0,5} = -3$  ve  $a_3^{0,5} = 0$  olarak bulunacaktır.

Diğer bir deyişle -1 normal değeri ile aynı anlam düzeyinde bulunan sayılar kümesi  $[-3,0]$  aralığıdır. Söz konusu ilişki Şekil 5.2. de gösterilmiştir.

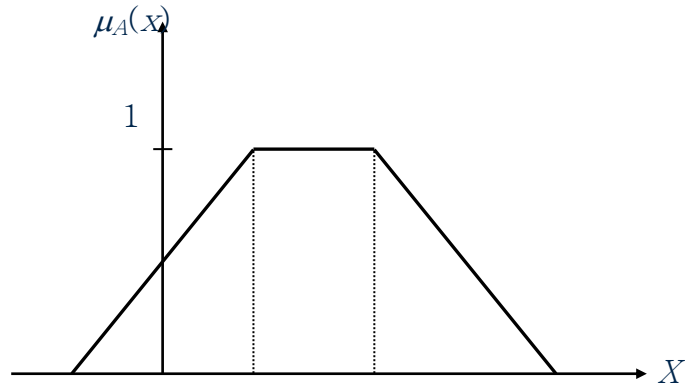
Eğer bulanık mantık sayılarına ilişkin kümede normal kabul edilen iki değer varsa diğer bir deyişle küme,  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$  şeklinde 4 belirleyici değerden oluşuyorsa bu durumda üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonu tipinde olacaktır. Yamuk üyelik fonksiyonu Denklem 5.9 de gösterilmiştir [41].



Şekil 5.2.  $A = (-5, -1, 1)$  Kümesinin Komşuluğu

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (5.9)$$

Söz konusu komşuluk Şekil 5.2. ve Şekil 5.3.'deki gibi olacaktır.



Şekil 5.3. Yamuk Sayı Komşuluğu

### 5.2.3. Bulanık mantık tabanlı CBS

Bulanık mantık konusunun temel elemanı bulanık kümedir. Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonları ile karakterize edilirler [42]. Her bulanık küme, çalışma yapılan alana ait her bir elemana matematiksel olarak kümedeki üyelik derecesini temsil eden bir değer atayarak tanımlanmaktadır. Bu değer, elemanın bulanık küme tarafından ifade edilen kavrama üyeliğinin derecesi ifade edilmektedir. Bunun için bireylerin kümeye ait olması farklılaşmaktadır. Üyelik dereceleri 0 ile 1 arasındaki gerçek sayılarla temsil edilirler.

Tam üye olma ve üye olmama durumudur, bulanık kümede sırasıyla 1 ve 0 değerleriyle karşılanır. Klasik mantıkla bulanık mantığı bir örnekle açıklamak gerekir ise, ormandan alpin çayırları içinde ağaç çizgisi boyunca yürüyüş yaptığınızı düşününüz. Yürürken ağaç hattından çayırlar bölgesine geçerken keskin bir hat olmadığını, bu geçişin daha yumuşak olduğunu görürsünüz. Geleneksel CBS bu şekilde yumuşak geçişlerin tanımlanması için uygun değildir, çünkü ağaçlı ve ağaçsız hatları keskin bir çizgiyle (orman = 0, çayırlar = 1) ayırır. Bunun yerine “bulanık küme” mantığında, sadece 0 ve 1’den oluşan iki dünya yerine, “orman çok,

“çayırlar az”, “hem orman, hem de çayırlar var”, “daha çok çayırlar var”, “tamamen çayırlar var” gibi çeşitli olduğu bir dünyayı bize önerir [43].

Bulanık mantık üyelik fonksiyonları hedef uygulama sahasına göre farklılık göstermektedir. Bu üyelikler Üçgen ve yamuklar (linear üyelik fonksiyonu) , Gauss üyelik fonksiyonu, Near üyelik fonksiyonu, Cauchy üyelik fonksiyonu, S ve Z şeklinde sigmoid fonksiyonları (Small – Large üyelik fonksiyonu), Tek darbe fonksiyonu gibi ifade edilebilmektedir [44].

Bu çalışmada ise arazi yüksekliği, akarsuya uzaklık, nüfus yoğunluğu ve arazi kullanımı verileri taşkın risk alanlarının tahmini için hem klasik mantıkta hem de bulanık mantıkta hesaplanmaktadır.



## **BÖLÜM 6. UYGULAMA**

### **6.1. Taşkın Risk Modellerinin Geliştirilmesi**

Taşkın tehlike haritaları, taşkın olma olasılığı ve/veya olayın miktarını içermektedir. Taşkın risk haritaları ise olayın sonuçlarını yani ekonomik kayıp ve etkilenen insan sayısı gibi verileri içermektedir. Bir bölgede taşkın riskinin belirlenmesi için ilk belirlenmesi gereken taşkın nereden başlayacağı ikinci belirlenmesi gereken ise bu alanlardaki etkilenen insan sayısıdır. Bu nedenle, çalışma sahasında taşkın riskinin belirlenmesi için, taşkın yayılımına doğrudan etkisi olan topoğrafik veri yani yükseklik ve uzaklık verisi ile yayılım için etkili bir diğer parametre olan arazi kullanımı (Manning Pürüzlülüğü) verisi kullanılmıştır. Taşkın riskinin tayininde etkili olan parametre olarak ta bu bölgede yaşayan nüfus yoğunluğu modelde girdi parametreleri olarak kullanılmıştır.

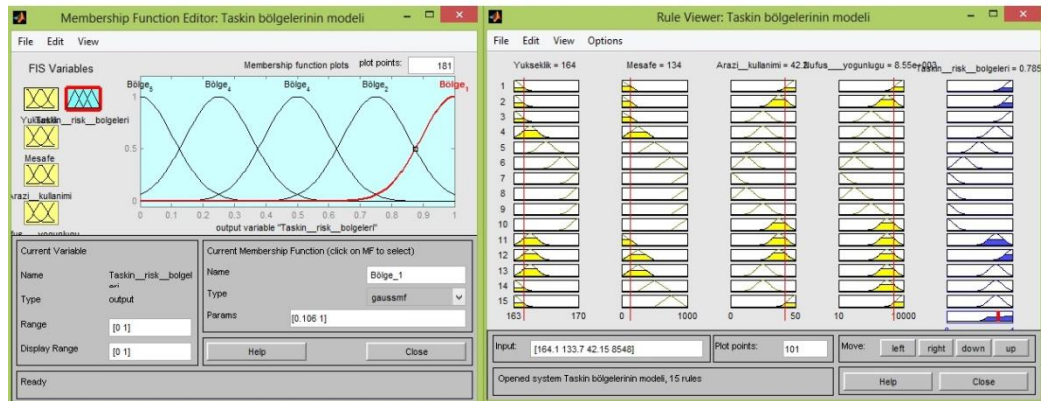
Taşkın riski için her parametrenin katkısı incelenmiş ve en doğru sonucu verecek ağırlık değerleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 23 farklı ağırlık kombinasyonu için taşkın risk haritaları üretilmiştir (Tablo 6.1). Üretilen taşkın risk haritaları bölge için FEMA projesi kapsamında hazırlanmış olan taşkın tehlike ve risk haritaları ile kıyaslanarak en gerçekçi sonucu veren ağırlıklar belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre yüksekliğin % 70, uzaklığın %20, arazi kullanımının %5, nüfus yoğunluğunun etkisinin ise %5 olduğu 14. kombinasyon model analizleri için seçilmiştir.

Belirlenen ağırlık kombinasyonu ve ilgili girdi parametreleri kullanılarak Bulanık Mantık ve CBS ağırlık fonksiyonu yöntemleri kullanılarak en gerçekçi sonucu veren taşkın risk haritası üretilmeye çalışılmıştır. Haritaların doğrulamaları ise yine FEMA

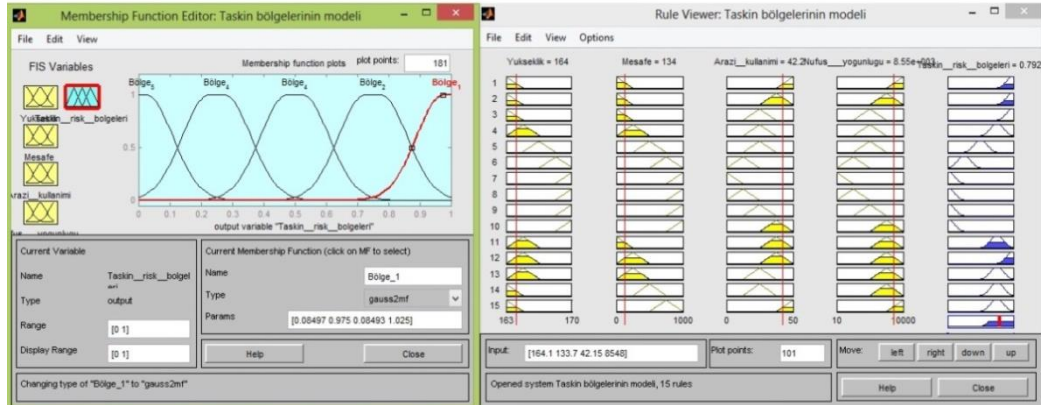
projesi kapsamında hazırlanmış olan taşkın tehlike ve risk haritaları ile mukayese edilerek belirlenmiştir.

Bulanık üyelik fonksiyonu türünün kriterler için risk düzeyini vererek, en doğru düzenin bulunması için ayarlanmış olması gerekmektedir. Bulanık üyelik fonksiyonlarının seçiminde her faktörün taşkın riskine katkısı ve bu faktörün özel karakteristiği göz önüne alınarak seçilmelidir [45].

Waverly şehrin yüksekliği, Cedar nehrine olan mesafe ve arazi kullanımı karmaşık bir şekilde değişmektedir ve aralarındaki ilişkileri kurmak oldukça zordur. Bu çalışmada bölgedeki değişkenlerin karmaşık olması ve literatürdeki çalışmalarında tahmin modellerinde daha gerçekçi sonuçlar verdiğine işaret etmesinden ötürü üyelik fonksiyonu tipi olarak Gaussmf kullanılmıştır [45]. Karmaşık problemlerde Gaussmf2 nin de kullanılabilceği göz önüne alınarak analizler gaussmf2 içinde yapılmış ve gaussmf2 nin 1. derecedeki risk bölgelerini olması gerekenden büyük hesapladığı tespit edilmiştir (Şekil 6.1. ve Şekil 6.2.).



Şekil 6.1. Gaussmf ile uygulama modelinin sonucu



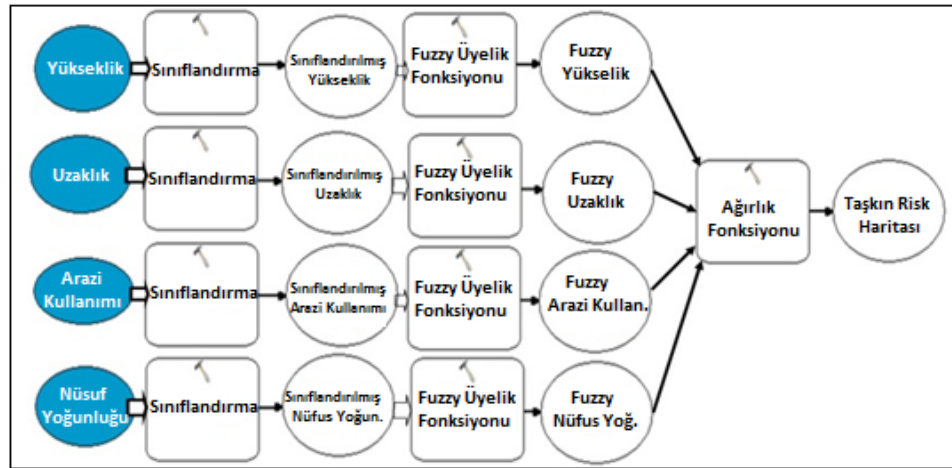
Şekil 6.2. Gaus2mf ile uygulama modelinin sonucu

Bu nedenle bütün analizler sadece gaussmf için gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, bulanık üyelik fonksiyonlarının ve bulanık katmanlarının oluşturulması için Bulanık MS Küçük, Bulanık Küçük ve Bulanık Büyük gibi üç tip bulanık üyelikler kullanılmıştır. Çok küçük bir değer çok yüksek bir olasılığa sahip ise Bulanık MS küçük kullanılır [46]. Örneğin, havza yüksekliği 1000 m ve 0 m arasında olan bir bölge için taşkın riski değerlendirilirse; taşkın riski en yüksek olan alanlar yüksekliği 5 m altında kalan alanlar olacaktır. Bu nedenle, yükseklik tabakası için bulanık tabanlı taşkın risk değerlendirmesi, bulanık MS küçük fonksiyonunu kullanarak standart hale getirilmelidir.

Bir modelleme metodolojisi olarak bulanık mantığının üyelik fonksiyonları üyelik düzeylerini 0 ve 1 aralığında sınıflandırmaktadır [46]. Bir veri kümesi için 1 değeri, o veri kümesine en yüksek olasılığı 0 değeri ise o veri kümesinin herhangi bir olasılığı olmadığını göstermektedir. Bu çalışmada 1 olasılığı en yüksek taşkın riskine sahip olan bölgeyi, 0 ise taşkın riski taşımayan bölgeyi tanımlamaktadır. Model uygulamasını anlatan şematik gösterim Şekil 6.3. 'te verilmiştir.

Tablo 6.1. Yapılmış ağırlık fonksiyonlarının deneyleri ve bulunmuş sonuçların değerlendirilmesi

| Ağırlık Kombinasyonu | Yükseklik | Uzaklık   | Arazi Kullanımı | Nüfus Yoğunluğu | Sonuç             |
|----------------------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1                    | 50        | 30        | 10              | 10              | Uyumsuz           |
| 2                    | 40        | 50        | 5               | 5               | Uyumsuz           |
| 3                    | 40        | 40        | 15              | 5               | Uyumsuz           |
| 4                    | 30        | 60        | 5               | 5               | Uyumsuz           |
| 5                    | 35        | 35        | 20              | 10              | Uyumsuz           |
| 6                    | 60        | 30        | 5               | 5               | Uyumsuz           |
| 7                    | 25        | 25        | 25              | 25              | Uyumsuz           |
| 8                    | 35        | 35        | 10              | 20              | Uyumsuz           |
| 9                    | 65        | 25        | 5               | 5               | Uyumsuz           |
| 10                   | 55        | 25        | 15              | 5               | Uyumsuz           |
| 11                   | 50        | 20        | 15              | 15              | Uyumsuz           |
| 12                   | 70        | 15        | 5               | 10              | Az Uyumlu         |
| 13                   | 70        | 15        | 10              | 5               | Az Uyumlu         |
| 14 *                 | <b>70</b> | <b>20</b> | <b>5</b>        | <b>5</b>        | <b>Çok Uyumlu</b> |
| 15                   | 70        | 10        | 10              | 10              | Az Uyumlu         |
| 16                   | 80        | 10        | 5               | 5               | Az Uyumlu         |
| 17                   | 20        | 70        | 5               | 5               | Uyumsuz           |
| 18                   | 65        | 35        | 0               | 0               | Uyumsuz           |
| 19                   | 40        | 30        | 5               | 15              | Uyumsuz           |
| 20                   | 35        | 40        | 15              | 10              | Uyumsuz           |
| 21                   | 50        | 10        | 20              | 20              | Uyumsuz           |
| 22                   | 20        | 50        | 10              | 20              | Uyumsuz           |
| 23                   | 30        | 50        | 15              | 5               | Uyumsuz           |



Şekil 6.3. Uygulama modeli şematik gösterimi

## 6.2. CBS Ağırlık Fonksiyonları ve Bulanık Mantık Tabanlı Taşkın Risk Modellerinin Geliştirilmesi

Bulanık mantık tabanlı taşkın riski zonları haritası geliştirmek için, taşkın olaylarına etki eden faktörlerin katkılarının belirlenmiş olması gerekmektedir [47]. Taşkınların

oluşumu açısından en önemli etken iklimdir, örneğin kış mevsiminin sonunda taşkınlar eriyen karlar ve yağmur yağışı ile birlikte daha sık görülmektedir. Drenaj havzasının ve akarsu ağının fiziksel özellikleri de diğer önemli etkenler olarak kabul edilebilir ve birbiriyle karmaşık bir şekilde ilişkilendirmektedir.

Fakat taşkın yayılması ve oluşturacağı risk ve tehlike başka bir çok parametreler ile alakalıdır. Taşkın risk ve potansiyelinin değerlendirmelerinde ilk belirlenmesi gereken yatağından taşan suların nerelere yayılabileceğinin belirlenmesidir. Buna etki eden faktörlerden en önemlisi topografyadır. Yani söz konusu bölgenin taşmakta olan nehirden olan yüksekliği ve nehre olan uzaklığıdır. Suyun yayılımına etki eden bir diğer faktör ise arazinin kullanımı yani pürüzlülüğüdür. Su otlak kaplı bir zeminde betonda yayıldığı kadar hızlı yayılamamakta buda doğrudan taşkın yayılımına etki etmektedir [48]. Taşkın riskinin belirlenmesi ise sular altında kalan alanların taşıdığı değeri ifade etmektedir. Bir bölgede insanların yoğun bir şekilde yerleşimi, o bölgenin risk potansiyelini arttırmaktadır. Eş mertebede taşkın yayılımına maruz kalan alanlarda nüfus yoğunluğu taşkın riskini arttırmaktadır. Bu nedenle risk faktörünün belirlenmesinde ise nüfus yoğunluğu kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Havzanın yüksekliği, Cedar Nehrine olan mesafe, arazi kullanımı ve nüfus yoğunluğu, Waverly şehrinde meydana gelebilecek olası taşkınlarda risk altında bulunan bölgelerin tespiti için kullanılmıştır. CBS ağırlık fonksiyonları ve bulanık mantık tabanlı taşkın bölgeleri haritaları bu faktörler göz önüne alınarak oluşturulmuştur.

### **6.2.1. Havzanın yüksekliği**

Yükseklik katmanı veri kümesi 63 m ile 70 m tanımlanırsa; taşkın oluşum açısından en yüksek olasılık 63 m'lik yükseklikteki alanlarda meydana gelmektedir. Küçük sayı büyük riske sahip olduğundan Waverly'deki yükseklik tabakası, Bulanık küçük işlevini kullanarak standart hale getirilmiştir. 63 m'den 64 m'ye kadar olan alanlar Çok yüksek risk bölgesi olarak tanımlanmaktadır, dolayısıyla bu bölge 1. risk bölgesi olarak kabul edilmektedir. 64 m'den 65 m'ye kadar olan alanlar yüksek risk bölgesi olarak tanımlanmaktadır, dolayısıyla bu bölge 2. risk bölgesi olarak kabul

edilmektedir. 65 m'den 66 m'ye kadar olan alanlar orta risk bölgesi tanımlanmaktadır, dolayısıyla bu bölge 3. risk bölgesi olarak kabul edilmektedir. 66 m'den 68 m'ye ve 68 m'den 70 m'ye kadar olan alanlar, sırasıyla düşük risk ve çok düşük risk bölgeleri olarak tanımlanmaktadır, dolayısıyla bu bölgeler 4. ve 5. risk bölgeleri olarak kabul edilmektedir. Farklı ağırlık kombinasyonları için yapılan analiz sonucu bu çalışmada taşkın riskine etkisi bakımından yükseklik verisi en etkili faktör olarak belirlenmiştir. Taşkın risk bölgeleri haritası oluşturmak için ağırlık fonksiyonunun sürecinde ağırlığı % 70 olarak belirlenmiştir.

### 6.2.2. Akarsuya uzaklık

Uzaklık katmanı nehir yatağı başlangıç alınarak 0 m ile 1000 m arasında tanımlanmıştır. Taşkın oluşum açısından en yüksek olasılık 0 m'lik mesafede yani nehre bitişik olan alanlarda meydana gelmektedir. Küçük sayı büyük riske sahip olduğundan Waverly'deki akarsuya uzaklık tabakası, Bulanık MS küçük işlevini kullanarak standart hale getirilmiştir. Bu nedenle sayılar çok geniş bir aralıkta yer almaktadır. Cedar Nehrinden 0 m'den 50 m'ye kadar olan uzaklıklar, çok yüksek risk bölgesi olarak tanımlanmaktadır, dolayısıyla bu bölge 1. risk bölgesi olarak kabul edilmektedir. 50 m'den 100 m'ye kadar olan uzaklıklar yüksek risk bölgesi olarak tanımlanmaktadır, dolayısıyla bu bölge 2. risk bölgesi olarak kabul edilmektedir. 100 m'den 250 m'ye kadar olan uzaklıklar orta risk zonu olarak tanımlanmaktadır, dolayısıyla bu bölge 3. risk bölgesi olarak kabul edilmektedir. 250 m'den 500 m'ye ve 500 m'den 1000 m'ye kadar olan uzaklıklar, sırasıyla düşük risk ve çok düşük risk zonları tanımlanmaktadır, dolayısıyla bu bölgeler 4. ve 5. risk bölgeleri olarak kabul edilmektedir. Farklı ağırlık kombinasyonları için yapılan analiz sonucu bu çalışmada taşkın riskine etkisi bakımından akarsuya uzaklık verisi en etkili 2. faktör olarak belirlenmiştir. Taşkın risk bölgeleri haritası oluşturmak için ağırlık fonksiyonunun sürecinde ağırlığı % 20 olarak belirlenmiştir.

### 6.2.3. Arazi kullanımı

Waverly şehrinde arazi kullanımına bakıldığı zaman yapılar, parklar, su iletim kanalları, tarım arazileri gibi çok çeşitli arazi kullanımları bulunmaktadır. Suyun yayılımına etkisi açısından arazi kullanımı Manning pürüzlülüğü göz önüne alınarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma şu şekilde yapılmıştır, Manning pürüzlülüğü  $38 \leq \frac{1}{n} \leq 50$  arasında olan alanlar Çok yüksek risk bölgesi olarak tanımlanmaktadır, dolayısıyla bu bölge 1. risk bölgesi olarak kabul edilmektedir. Sırasıyla:  $33.1 \leq \frac{1}{n} < 38$ ,  $22.1 \leq \frac{1}{n} < 33.1$ ,  $9.8 \leq \frac{1}{n} < 22.1$  ve  $6.5 \leq \frac{1}{n} < 9.8$  arasında olan alanlar yüksek risk, orta risk, düşük risk ve çok düşük risk tanımlanmaktadır dolayısıyla bu bölgeler 2., 3., 4. ve 5. risk bölgeleri olarak kabul edilmektedir. Farklı ağırlık kombinasyonları için yapılan analiz sonucu bu çalışmada taşkın riskine etkisi bakımından arazi kullanımı verisi en etkili 3.faktör olarak belirlenmiştir. Taşkın risk bölgeleri haritası oluşturmak için ağırlık fonksiyonun sürecinde ağırlığı % 5 olarak belirlenmiştir. Bulanık mantıkta Büyük işlevi kullanılmıştır, çünkü büyük bir n değeri için taşkın riski de büyük olmaktadır.

### 6.2.4. Nüfus yoğunluğu

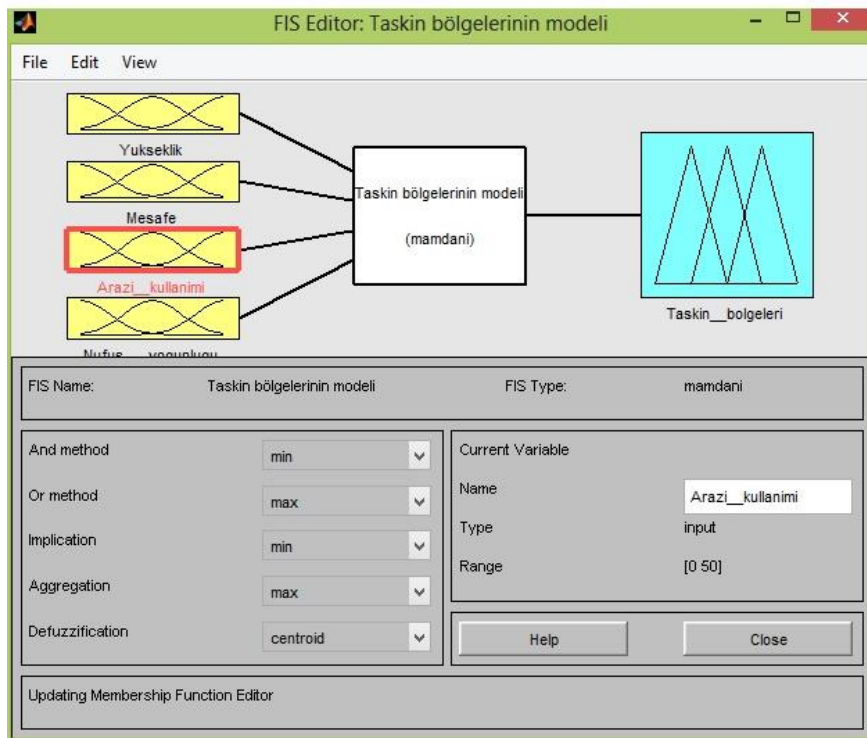
Waverly'in şehrinde 10 716 kişi yaşamaktadır. Waverly şehrindeki nüfus yoğunluğu da karmaşık bir dağılıma sahiptir, Cedar nehrinin kıyısında, şehir merkezi yer aldığı için ticaret, eğitim ve sosyal faaliyet alanları çoktur. Bu nedenle nehir kıyısına yakın alanlarda nüfus yoğundur. Konutlarda, ticaret ya da endüstri yerlerinden daha çok nüfus bulunmaktadır. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde taşkın riski de fazla olacaktır. Bu nedenle nüfus yoğunluğu sınıflaması yapılmıştır. Sınıflama şu şekildedir: 8,835'den 10,716'ye kadar olan alanların taşkın risk çok yüksektir yani bu bölge 1. risk bölgesi olarak kabul edilmektedir. Sırasıyla : 5,019'dan 8,832'ye, 2,553'den 5,016'ye, 1,797'den 1,794'e ve 1,290'dan 1,794'e kadar olan alanlar, yüksek risk, orta risk, düşük risk ve çok düşük risk tanımlanmaktadır veya sırasıyla bu bölgeler 2., 3., 4. ve 5. risk bölgeleri olarak kabul edilmektedir. Farklı ağırlık kombinasyonları için yapılan analiz sonucu bu çalışmada taşkın riskine etkisi bakımından nüfus yoğunluğu verisi en etkili 4.faktör olarak belirlenmiştir. Taşkın

risk bölgeleri haritası oluşturmak için ağırlık fonksiyonunun sürecinde ağırlığı % 5 olarak belirlenmiştir. Bulanık mantıkta Büyük işlevi kullanılmıştır, çünkü büyük bir n değeri için taşkın riski de büyük olmaktadır.

Bahsediklen girdi parametreleri, ağırlıkları ve bulanık mantık işlevleri (Tablo 6.2.) kullanılarak taşkın risk analizleri gerçekleştirilmiş ve analiz detayları Şekil 6.4. ile 6.12. arasında gösterilmiştir.

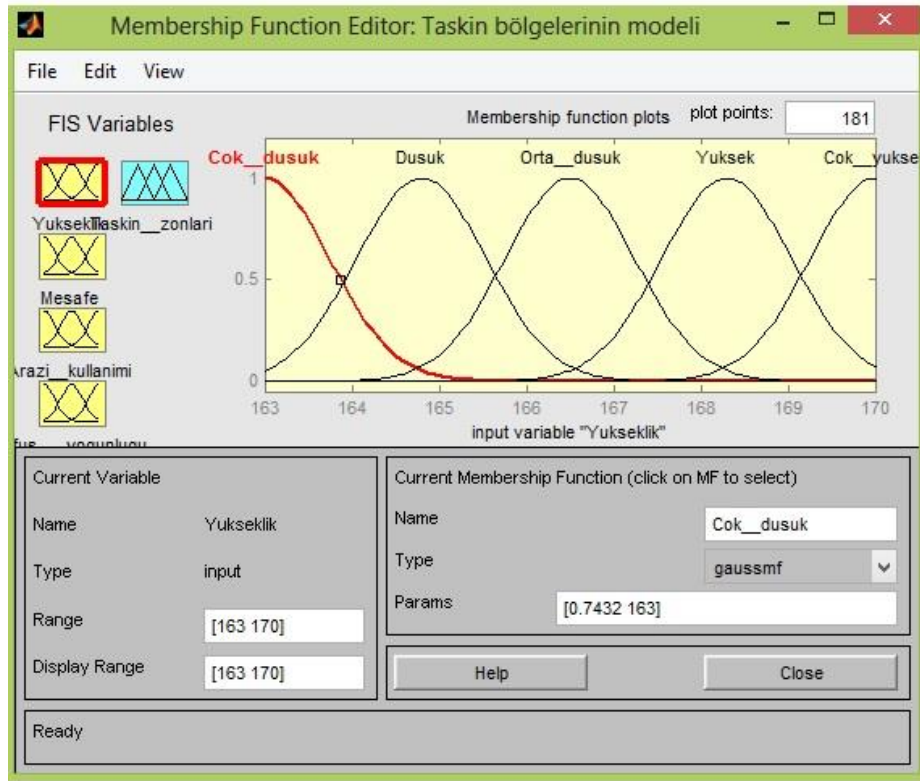
Tablo 6.2. Bulanık üyelik fonksiyonları ve ağırlıkları

| Risk derecesi    | Çok yüksek risk    | Yüksek risk          | Orta risk              | Düşük risk            | Çok düşük risk       | Bul. Üye. Fonk.  | Ağır. |
|------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|------------------|-------|
| Risk bölgesi     | 1                  | 2                    | 3                      | 4                     | 5                    |                  |       |
| Yükseklik        | 63 m - 64 m        | 64 m - 65 m          | 65 m - 66 m            | 66 m - 68 m           | 68 m - 70 m          | Bulanık Küçük    | 70%   |
| Akarsuya uzaklık | $\geq 50$ m        | $50 < m \leq 100$    | $100 < m \leq 250$     | $250 < m \leq 500$    | $500 < m \leq 1000$  | Bulanık MS Küçük | 20%   |
| Arazi kullanımı  | $38 \leq 1/n < 50$ | $33.1 \leq 1/n < 38$ | $22.1 \leq 1/n < 33.1$ | $9.8 \leq 1/n < 22.1$ | $6.5 \leq 1/n < 9.8$ | Bulanık Büyük    | 5%    |
| Nüfus yoğunluğu  | 8,835 - 10,716     | 5,019 - 8,832        | 2,553 - 5,016          | 1,797 - 2,550         | 1,290 - 1,794        | Bulanık Büyük    | 5%    |

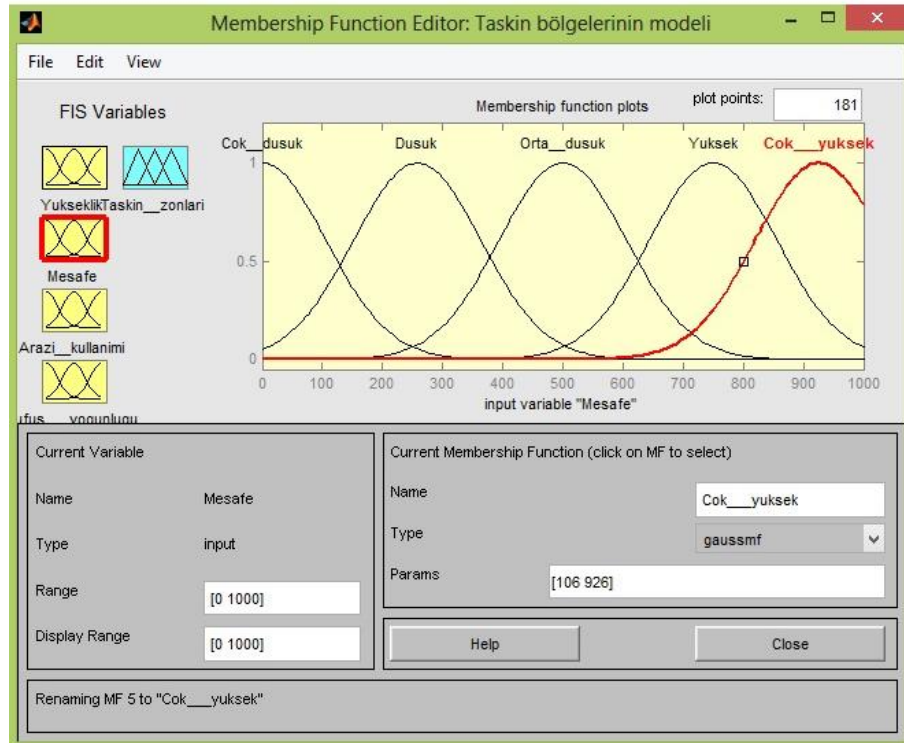


Şekil 6.4. Taşkın risk bölgeleri modeli

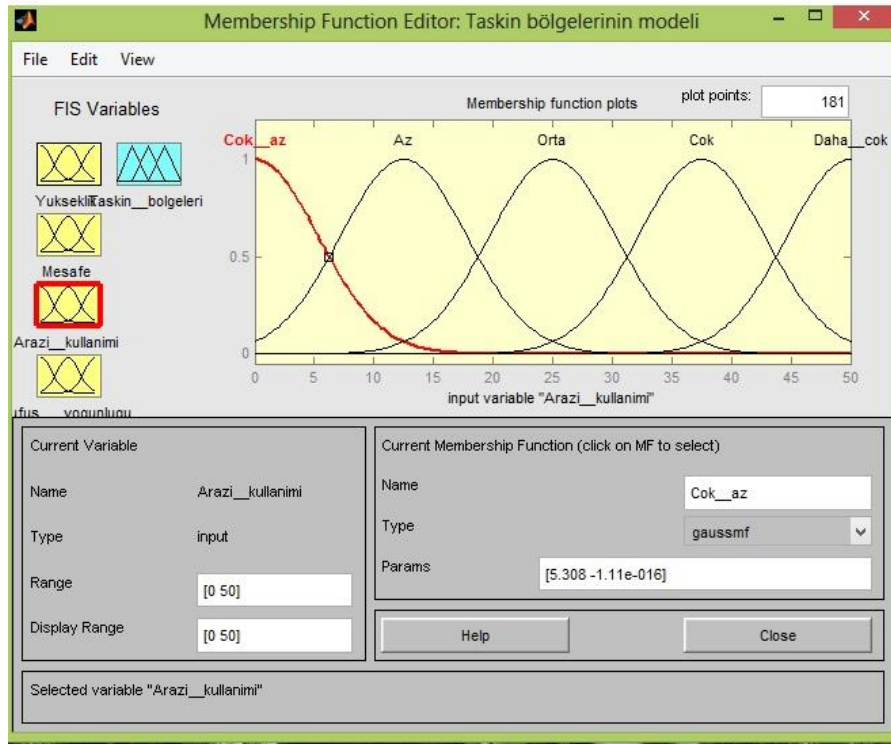




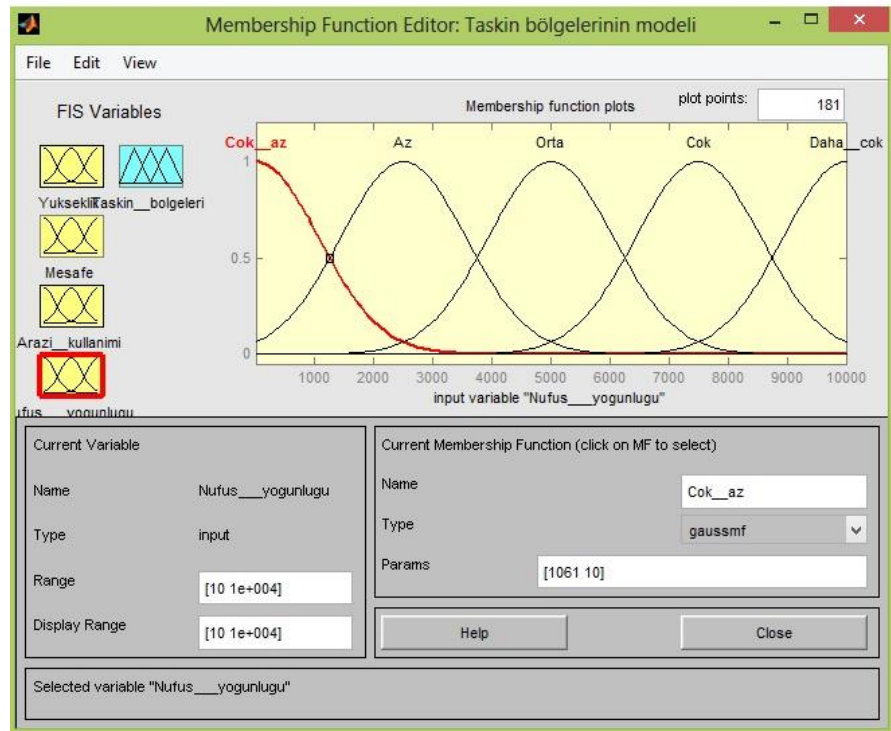
Şekil 6.5. Bulanık tabanlı yükseklik üyelik fonksiyonları



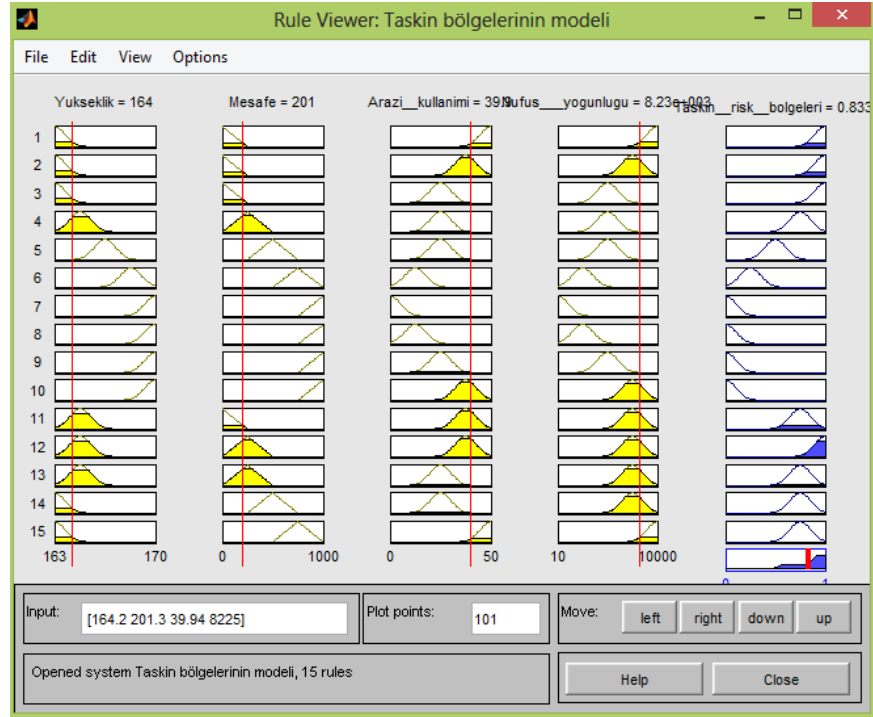
Şekil 6.6. Bulanık tabanlı akarsuya uzaklık üyelik fonksiyonları



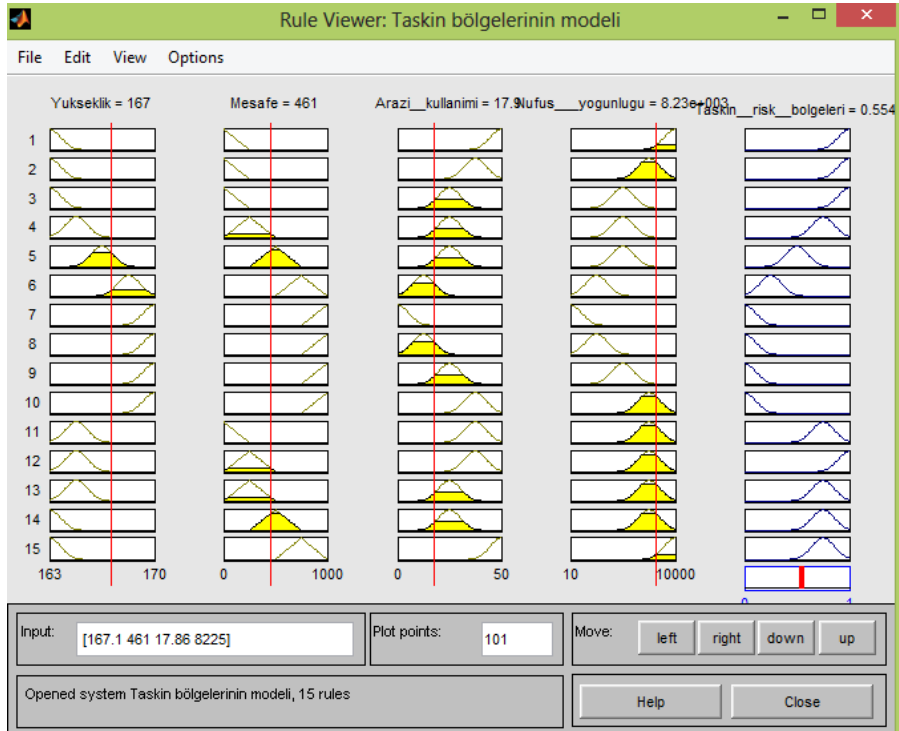
Şekil 6.7. Bulanık tabanlı arazi kullanımı üyelik fonksiyonları



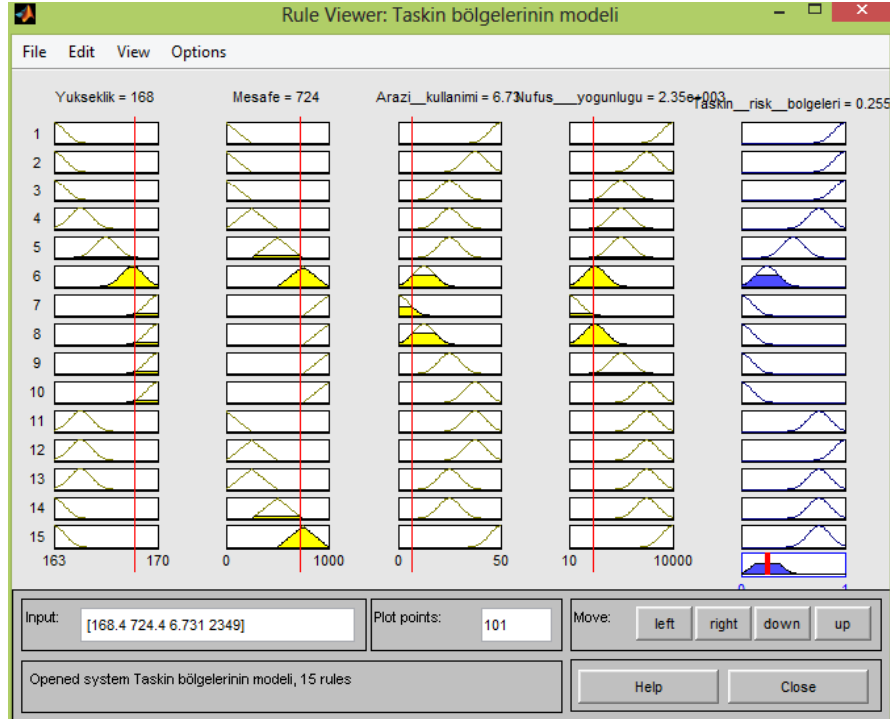
Şekil 6.8. Bulanık tabanlı nüfus yoğunluğu üyelik fonksiyonları



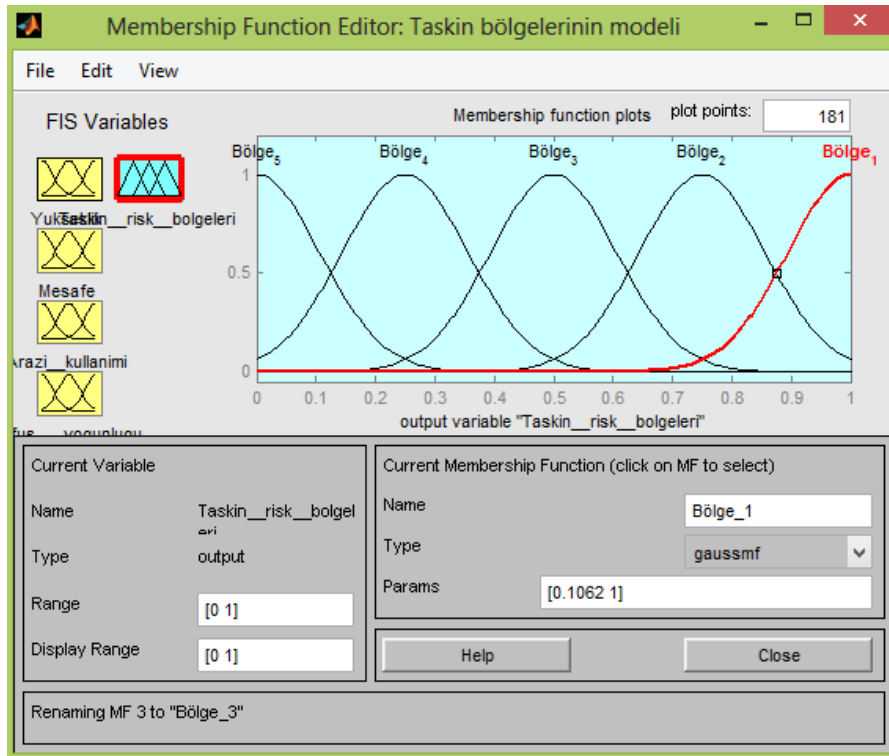
Şekil 6.9. Kural tabanı (Yüksek tehlike)



Şekil 6.10. Kural tabanı (Orta tehlike)



Şekil 6.11. Kural tabanı (Düşük tehlike)



Şekil 6.12. Taşkın risk bölgeleri modelinin sonucu

### 6.2.5. Bulgular

Bu çalışmada taşkın risk haritası üretilmesi için iki farklı model kullanılmıştır. CBS deki mekansal analizlerin ağırlıkları ve bulanık mantık üyelik fonksiyonları ile taşkın risk bölgeleri üretilmiştir. Çalışma sahasındaki taşkın risk potansiyelini etkileyen öncelikli parametreler, yükseklik, akarsuya uzaklık, arazi kullanımı ve nüfus yoğunluğu olarak belirlenmiştir. Waverly şehrinde taşkın risk değerlendirmeleri bu kıstaslara göre belirlenmiştir.

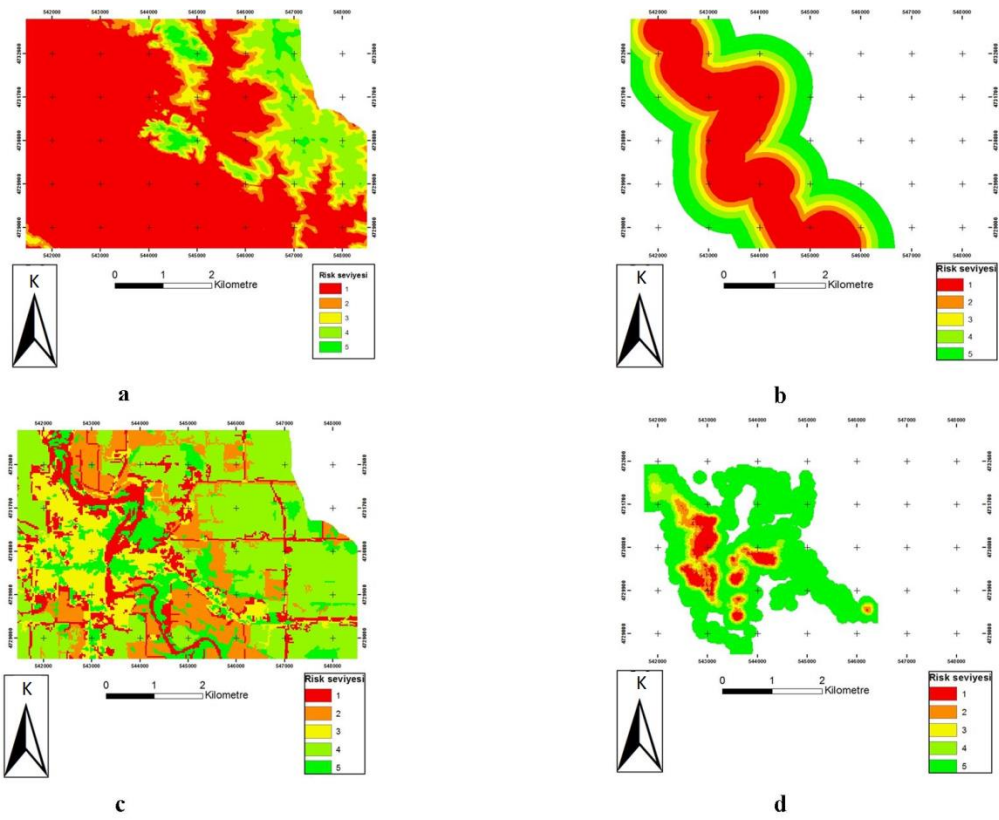
Yüksekliğe baktığımızda Cedar nehrinin yakınında düşük yüksekliğe sahip düzlükler bulunmakta, nehirden uzaklaştıkça yükseklik artmaktadır. Taşkın sularının yayılımı açısından değerlendirdiğimizde, yüksekliği düşük olan yerlerde taşkın risk görülme olasılığı çok yüksek olmaktadır.

Uzaklık için de Cedar nehrine yakın yerlerde taşkın riski görülme ihtimali çok yüksek olmaktadır, dolayısıyla nehirden uzaklaştıkça taşkın riski azalmaktadır.

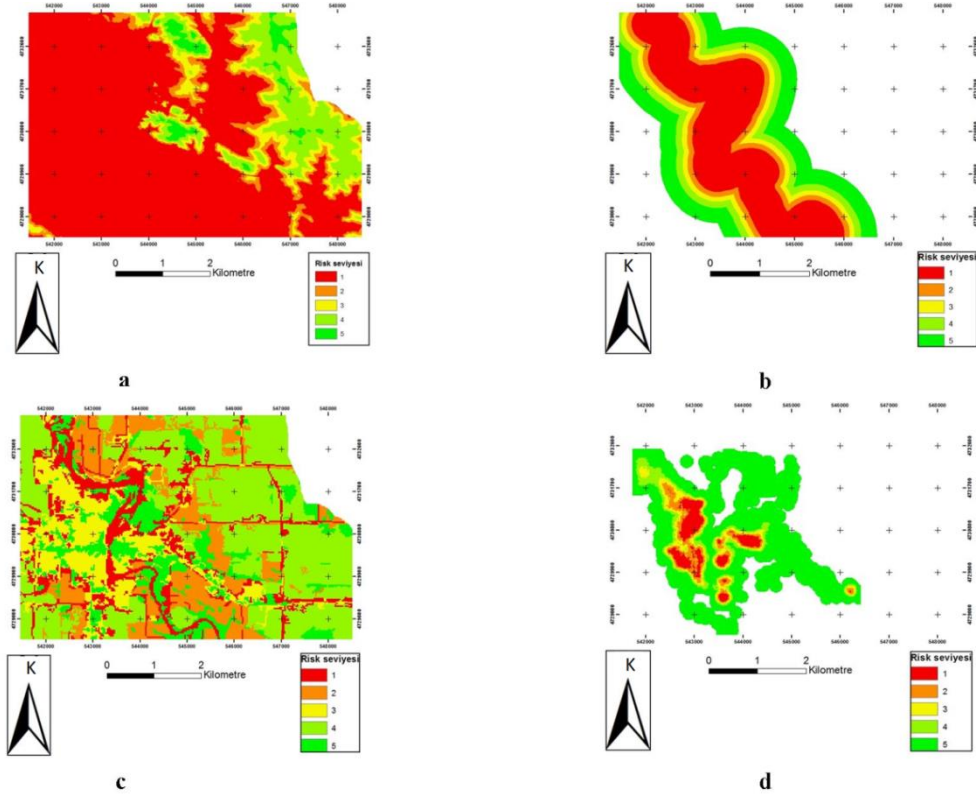
Arazi kullanımı incelendiği zaman şehrin içerisinde bulunan yapılar, yollar, su iletim sistemleri v.b yapılar pürüzlülüklerinin düşük olması nedeniyle yayılımı hızlandıracak bu yüzden taşkın riski çok yüksek olacaktır. Tarım alanları, parklar, ormanlar v.b alanların ise pürüzlülüğü yüksek olduğundan suyun akışını yavaşlatacak bu nedenle taşkın risk düşük olacaktır.

Nüfus ya da yerleşim yoğunluğu ise etkilenen insan sayısını bakımından taşkın riskini etkilemektedir. Taşkın altında kalacak alanların nüfus yoğunluğunun yüksek oluşu o bölgenin taşkın riskini arttıracaktır.

Yükseklik, akarsuya uzaklık, arazi kullanımı ve nüfus yoğunluğu tabakaları kullanılarak, CBS de ağırlık fonksiyonları ve bulanık mantık tabanlı analizler gerçekleştirilmiş sonucunda taşkın risk bölgeleri haritası üretilmiştir. Bu haritaların üretilmesinde gerekli olan harita katmanları CBS ortamında mekansal analiz aracı (Spatial Analyst Tool) kullanılarak Tablo 6.2 belirtilen kriterler esas alınıp üretilmiştir (Şekil 6.13. ve Şekil 6.14.).

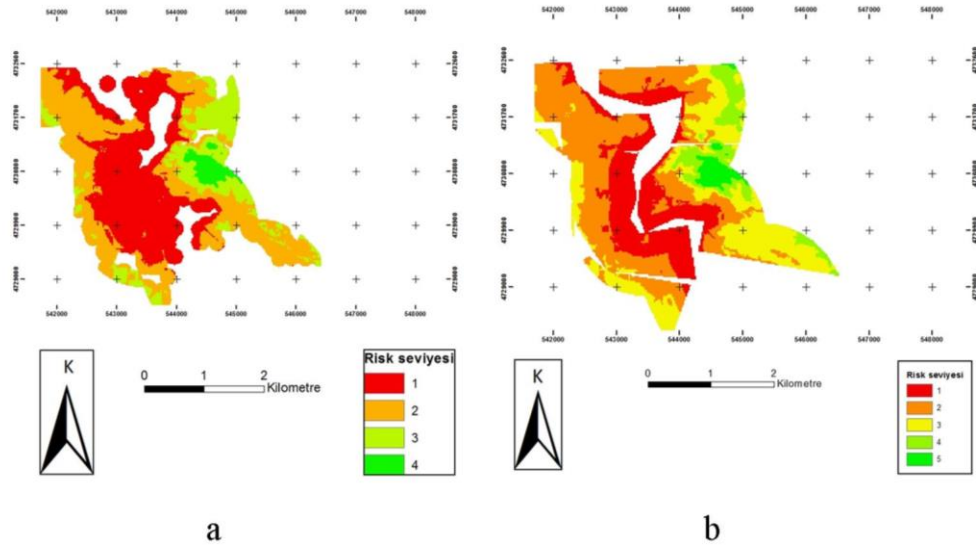


Şekil 6.13. Ağırlık fonksiyonu ile (a) yükseklik (b) akarsuya uzaklık (c) arazi kullanımı ve (d) nüfus y. Haritası

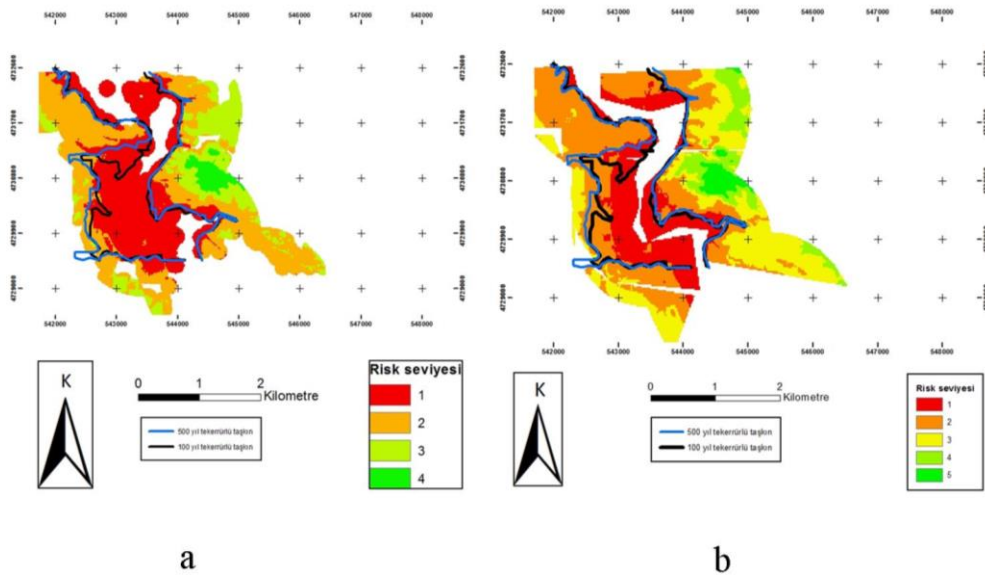


Şekil 6.14. Bulanık modeli ile (a) yükseklik (b) akarsuya uzaklık (c) arazi kullanımı ve (d) nüfus y. haritası

Şekil 6.13. ve Şekil 6.14. 'de verilen yükseklik, akarsuya uzaklık, arazi kullanımı ve nüfus yoğunluğu katmaları kullanılarak Tablo 6.1 de belirtilen ağırlık değerleri için taşkın risk haritaları üretilmiştir. Elde edilen haritalar FEMA projesi kapsamında hazırlanmış olan 100 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın tehlike haritaları ile kıyaslanarak en gerçekçi sonucu veren ağırlıklar belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 6.15. (a) Bulanık tabanlı modeli ile ve (b) Mekansal ağırlık fonksiyonları modeli ile taşkın risk haritaları



Şekil 6.16. (a) Bulanık tabanlı ve (b) Mekansal ağırlık fonksiyonları modelleri ile tekerrürlü taşkın risk yayılımı

Şekil 6.15. 'de Waverly şehri için üretilmiş taşkın risk bölgeleri haritası yer almaktadır. Kırmızı ile gösterilen alanlar en riskli, yeşil ile gösterilen alanlar ise en risksiz alanları temsil etmektedir. Şekil 6.16. de ise bu haritaların FEMA tarafından üretilmiş 100 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın yayılımlarına göre mukayesesi yer almaktadır. FEMA' nın standartlarına göre 100 yıllık taşkın yayılım alanı içerisinde kalan alanlar en riskli taşkın bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımdan hareket ederek elde edilen taşkın risk bölgesi haritalarını değerlendirdiğimizde kırmızı alanların (1. risk bölgesi) siyah çizgilerle (100 yıllık tekerrürlü yayılım alanı sınırı) yakınsaması gerekmektedir. Şekil 6.16. ten de görüleceği üzere Bulanık mantık tabanlı üretilmiş haritalarda siyah çizgilerin kırmızı alan sınırlarına ağırlık fonksiyonu kullanılarak üretilmiş haritalara nazaran daha çok yakınsadığı gözükmektedir. Aynı zamanda turuncu ile gösterilen daha az riske sahip alanlarında siyah çizgi ile sınırlanan alanların içerisinde daha az yer aldığı tespit edilmiştir.

Elde edilen haritalara alansal olarak ta sınıflandırılmıştır. Buna göre; CBS de mekansal ağırlık fonksiyonları analizleri kullanılarak çalışma sahasının % 24.35 lik (2,36 km<sup>2</sup>) kısmında taşkın riskinin çok yüksek olduğu, % 39,87 (3.86 km<sup>2</sup>) lik kısmında ise taşkın riskinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 6.4. ). Sonuçlar incelendiğinde Bulanık mantık tabanlı taşkın modelinin ağırlık fonksiyonları tabanlı taşkın modeline göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bulanık mantık tabanlı taşkın risk analizlerine göre ise, çalışma sahasının büyük kısmı taşkın risk düzeyinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışma sahasının % 39.42 (3.61 km<sup>2</sup>) luk kısmı yüksek risk, % 40.74 (3.73 km<sup>2</sup>) lük kısmı ise orta risk olarak tespit edilmiştir (Tablo 6.3.). Taşkın risk seviyeleri, etkilenen bölgelerin, risk potansiyelleri ve etkilenen bina sayılarının sonuçları Tablo 6.3. ve Tablo 6.4.'te gösterilmektedir.

Tablo 6.3.Bulanık mantık kullanılarak üretilmiş taşkın risk seviyeleri ve etkilenen bölgelerin risk potansiyelleri

| <i>Risk derecesi</i> | <i>Risk potansiyeli</i> | <i>Etkilenmiş bölge (km<sup>2</sup>)</i> | <i>%</i> | <i>Etkilenen bina sayı</i> | <i>%</i> |
|----------------------|-------------------------|--|----------|----------------------------|----------|
| Yüksek risk          | 1                       | 3.61                                     | 39.46    | 1896                       | 51.32    |
| Orta risk            | 2                       | 3.73                                     | 40.76    | 1354                       | 36.65    |
| Düşük risk           | 3&4                     | 1.81                                     | 19.78    | 437                        | 11.82    |
|                      | Toplam                  | 9.15                                     | 100      | 3694                       | 100      |



Tablo 6.4. CBS mekansal ağırlık fonksiyonlarını kullanarak üretilmiş taşkın risk seviyeleri ve etkilenen bölgelerin risk potansiyelleri

| <i>Risk derecesi</i> | <i>Risk potansiyeli</i> | <i>Etkilenmiş bölge (km<sup>2</sup>)</i> | <i>%</i> | <i>Etkilenen bina sayı</i> | <i>%</i> |
|----------------------|-------------------------|--|----------|----------------------------|----------|
| Çok yüksek risk      | 1                       | 2,36                                     | 24.36    | 1114                       | 30.15    |
| Yüksek risk          | 2                       | 3,87                                     | 39.94    | 1820                       | 49.26    |
| Orta risk            | 3                       | 2,44                                     | 25.18    | 454                        | 12.29    |
| Düşük risk           | 4                       | 0,76                                     | 7.84     | 161                        | 4.35     |
| Çok düşük risk       | 5                       | 0,25                                     | 2.68     | 115                        | 3.11     |
|                      | Toplam                  | 9,68                                     | 100      | 3694                       | 100      |

ABD'deki Federal Acil Durum Ajansı (FEMA)'nın taşkın risk zonları kriterlerine baktığımız zaman, taşkın riski taşıyan bölgeleri, taşkın kaynağına yakınlığına göre sınıflandırmaktadır [49]. % 1 olasılıklı ya da 100 yıllık taşkına maruz kalma olasılığı olan bir alanı A olarak belirtmektedir. Bu alanlara Özel Taşkın Tehlike Alanları da denmektedir ve A, AH, AO, A1 ve A30, A99, AE, AR, AR, AE, AR ve A1'den A30'a şeklinde alt bölgelere ayrılmaktadır[49].

Bu çalışmada bulanık mantık kullanarak üretilmiş taşkın risk bölgeleri haritaları içerisinde Özel Taşkın Tehlike Alanları yani çok yüksek ve yüksek taşkın riski taşıyan alanlar, yukarıdaki FEMA standartlarına göre tespit edilmiştir. Bu alanlar 9.68 km<sup>2</sup> lik toplam çalışma sahasının 3,61 km<sup>2</sup> lik kısmını kapsamaktadır ve bu alanlar yüksek taşkın riski altında bulunmaktadır. Toplam çalışma sahamızın %39.46 lük kısmı Özel Taşkın Tehlike Alanları içerisinde kalmaktadır.

FEMA, 100 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın yayılım sınırları arasında kalan alanlara orta 500 yıl tekerrürlü taşkın yayılım sınırları dışında kalan alanlara da düşük taşkın riski taşıyan alanlar olarak tanımlamakta ve bu alanları sırasıyla B ve X bölgeleri olarak tanımlamaktadır [49]. Bu alanlar ise toplam çalışma sahamızın %60.54 lük kısmını kapsamaktadır.

CBS mekansal ağırlık fonksiyonlarını kullanarak üretilmiş taşkın risk bölgeleri haritaları içerisinde Özel Taşkın Tehlike Alanları yani çok yüksek ve yüksek taşkın riski taşıyan alanlar , yukarıdaki FEMA standartlarına göre tespit edilmiştir. Bu alanlar 9.68 km<sup>2</sup> lik toplam çalışma sahasının 6.23 km<sup>2</sup> lik kısmını kapsamaktadır ve

bu alanlar yüksek taşkın riski altında bulunmaktadır. Toplam çalışma sahamızın %64.3 lük kısmı Özel Taşkın Tehlike Alanları içerisinde kalmaktadır.

FEMA, 100 ve 500 yıl tekerrürlü taşkın yayılım sınırları arasında kalan alanlara orta 500 yıl tekerrürlü taşkın yayılım sınırları dışında kalan alanlara da düşük taşkın riski taşıyan alanlar olarak tanımlamakta ve bu alanları sırasıyla B ve X bölgeleri olarak tanımlamaktadır [49]. Bu alanlar ise toplam çalışma sahamızın %35.7 lük kısmını kapsamaktadır.

Şekil 6.16., Tablo 6.3., Tablo 6.4. ve ilgili açıklamalardan da anlaşılacağı üzere bulanık mantık kullanılarak elde edilmiş taşkın risk bölgeleri haritaları, ağırlık fonksiyonları kullanılarak üretilmiş olan haritalara nazaran daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Bunun temel nedeni bulanık üyelik fonksiyonları sadece tanımlanmış sınırları kullanmamakta, ayrıca tanımlanmamış sınırları da kullanmaktadır. Bu nedenle bulanık mantık ile elde edilen sonuçlar daha güvenilir olmaktadır.

## **BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

CBS'te farklı iki yöntem olan mekansal ağırlık fonksiyonları ve bulanık mantık kullanılarak taşkın risk bölgeleri haritası oluşturulmaya çalışılmıştır. Taşkın riskine etki eden temel faktörlerden olan yükseklik ve akarsuya uzaklık, arazinin kullanımı, nüfus yoğunluğu iki model için ele alınmış ve taşkın risk haritalarını elde etmek için en uygun olan model belirlenmeye çalışılmıştır. Bu faktörlerin etki düzeylerinin tespitinde 23 farklı ağırlık kombinasyonu denenmiş ve bölge için FEMA tarafından üretilmiş olan 100 ve 500 yıllık tekerrürlü taşkın yayılım haritaları ile doğrulanmıştır. Ele alınan ilk yöntem olan mekansal ağırlık fonksiyonlarında taşkın riskini etkileyen başlıca faktörler ve belirlenmiş ağırlıklar için analiz edilmiş, Waverly şehrine ait taşkın risk bölgeleri haritası üretilmiştir. Buna göre çalışma sahasının % 24.36 lık (2,36 km<sup>2</sup>) kısmında taşkın riskinin çok yüksek olduğu, % 39,94 (3.87 km<sup>2</sup>) lük kısmında ise taşkın riskinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bulanık mantık ile aynı girdi parametreleri aynı ağırlıklarda analiz edilmiş ve taşkın risk bölgeleri haritası üretilmiştir. Buna göre çalışma sahasının % 39.46 (3.61 km<sup>2</sup>) lık kısmı yüksek risk, % 40.76 (3.73 km<sup>2</sup>) lık kısmı ise orta risk olarak tespit edilmiştir.

Elde edilen haritalar birbirleri ile ve bölge için FEMA tarafından üretilmiş olan 2 boyutlu 100 ve 500 yıllık tekerrürlü taşkın yayılım haritaları ile karşılaştırılarak mukayese edilmiştir. Buna göre bulanık mantık tabanlı analizlerin gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Bunun temel nedeninin bulanık üyelik fonksiyonları sadece tanımlanmış sınırları içinde kalmaması tanımlanmamış sınırları da kullanarak analiz ve tahminlerde bulunabilmesidir. Taşkın olayının modellenmesinde de girdi olarak tanımlayamadığımız sınırlar olabilmektedir.

Taşkın modellerini oluşturmak için topografik, batimetrik, hidrolik ve hidrolojik birçok veri gereklidir fakat kimi zaman bütün bu verilerin temini kolay olamamaktadır. Üstelik hidrolik taşkın modelleri bütün bu veriler analiz edildikten

sonra yapılabilmektedir. Hidrolik model doğru ve gerçekçi sonuç vermekle birlikte, maliyetlidir ve gerçekleştirilmesi uzun süre gerektirmektedir. Kısa sürede ve az veriyle karar vermemiz gerektiğinde, topografik veriler olan yükseklik, akarsuya uzaklık, pürüzlülük ve demografik veri olan nüfus yoğunluğu gibi kolay, erişilebilir veriler ile taşkın risk zonları haritası üretilebilmektedir. Bu sayede taşkın riski altında olan bölgelerde erken karar verme, taşkın risk ve zararlarında korunmak için gerekli tedbirlerin hızlı ve kolay bir şekilde alınabilmesi bu yöntemle yapılabilmektedir. Bu nedenle taşkın riskinin tayininde, benzer özellikler taşıyan havzalarda Bulanık Mantık Tabanlı CBS analizlerinin kullanılabilirliği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Şen Z., Taşkın Afeti ve Modern Hesaplama Yöntemleri. İstanbul, Turkey: Su vakfı Yayını, 2009.
- [2] Turoğlu, H., ve Ark, Bartın'da Sel ve Taşkınlar. İstanbul, Turkey: İ.Ü Yayınları, 2005.
- [3] Correia, N et Al "Floodplain Management in Urban Developing Areas: Part II. GIS-Based Flood Analysis and Urban Growth Modelling," Water Resources Management, vol. 13, no. 8, pp. 23-37, February 1999.
- [4] Kadioğlu, M., Ankara, Turkey: JICA Türkiye Ofisi Yayınları, 2008, pp. 251-277.
- [5] Akay, O.,ve Ark, "Taşkın Alanlarının Planlanması ve Yönetimi," in II. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, Afyonkarahisar, 2010, pp. 1-11.
- [6] Arenal, M, et Al., "The coastal Floods İn The Cuban Territory, The Most Sensitive Areas And The Possible Impact Of The Climate Change," Institute of Meteorology, vol. 23, no. 12, pp. 50-62, April 1998.
- [7] Altundal, M, "Taşkınların Ekonomik Boyutu," in II. Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, Afyonkarahisar, 2010, pp. 54-62.
- [8] Bayazıt, M ve Önöz, B, Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, 1st ed. Ankara, Turkey: Nobel Yayın Dağıtım, 2008.
- [9] Onusluel, Gulay. (2014, March) deu.edu.tr, [www.kisi.deu.deu.edu.tr](http://www.kisi.deu.deu.edu.tr), Erişim Tarihi: 20.06.2016.
- [10] Kılıçer, M, ve Özgüler, H, "Türkiye Taşkın Durumu," TMH , vol. II, no. 9, pp. 420-421-422, 4-5-6 2002.
- [11] Bayat, Can. (2012, June) Canbayat.com, [www.canbayat.com/index.php/isler/akademik/sel-ve-taskinlar.html](http://www.canbayat.com/index.php/isler/akademik/sel-ve-taskinlar.html). Erişim Tarihi: 20.06.2016.

- [12] Önöz, B, and Bayazıt, M, "Best-Fit Distributions of Largest Available Flood Samples," in Best-Fit Distributions of Largest Available Flood Samples. İstanbul, Turkey: J.Hydrol.Cilt 167, 1995, pp. 195-208.
- [13] Korkanç, S, "Sel ve Taşkınların İnsan Hayatı Üzerindeki Etkileri," Bartın Orman Fakültesi Dergisi, no. 8, pp. 42-50, February 2006.
- [14] Kasalak, F., ve Ark, "Taşkından Koruma Tesislerine Müdahaleler ve Ülkemizde Yaşanan Taşkın Olaylarının Değerlendirilmesi," in II.Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı, Afyon, 2010, pp. 32-29.
- [15] İMO, "İstanbul İlinde 8-9 Eylül 2009 Tarihinde Meydana Gelen Seller ve Nedenleri Hakkında Değerlendirme Raporu," İMO İstanbul Şubesi, İstanbul, 2010.
- [16] Şükrü, E., "2013 Afet Raporu " Dünya ve Türkiye", " Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2014.
- [17] Özgüler, H., "Türkiye Taşkın Durumu," İTÜ, İstanbul, 2002.
- [18] McMohon, T., and Srikanthan R, "LP3 Distribution and its application to flood frequency analysis of Austrarian streams," J.Hydrology, no. 52, pp. 139-149, February 1981.
- [19] Vogel, R.W., and Thomas, Jr., "Flood Flow Frequency Model Selection in Southwester in USA," ASCE J.Water. Resour.Planning and Management, no. 119, pp. 353-366, March 1993.
- [20] Batur, E., "Uzaktan Algılama ve CBS Entegrasyonu ile Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Meriç Nehri Örneği," Hvacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, vol. 5, no. 3, pp. 47-54, Ocak 2012.
- [21] Özdemir, H., ""Hayran Çayı Havzası'nın (Balıkesir) CBS ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle Taşkın ve Heyelan Risk Analizi", " İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Doktora Tezi 2008.
- [22] Özşahin, E., "Taşkın Risk Değerlendirmesine bir Örnek: Amik Ovası Taşkınları," International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish and Turkic, vol. 8/8, no. 18, pp. 2021-2039, July 2013.
- [23] Tate, E., "Creating a Terrain Model for Floodplain Mapping," Journal of Hydrologic Engineering, pp. 100-108, March/Apri 2002.
- [24] Baga, I., Usul, N., and Sorman, Ü., "Application og MIKE 11 Model on Çayboğazı Basın in Turkey," in DHI Third User Conference, Copenhagen-Danmark, 1999, pp. 14-17.

- [25] Kaleyci, H., "Değirmendere Havzası'nda Taşkın Frekans Analizi ve Taşkın Sularının Belirlenmesi," KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Yüksek Lisans Tezi 2004.
- [26] Turan, B., "Obtaining Inundation Maps by Integration of GIS and Hydrologic and Hydraulic Model," Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Yüksek Lisans Tezi 2002.
- [27] Özdemir, H., "Hayran Çayı'nın (Balıkesir) Taşkın Sıklık Analizinde Gumber ve Log Pearson Tip III Dağılımlarının Karşılaştırılması," Coğrafi Bilimler Dergisi , vol. 6, no. 1, pp. 41-52, Temmuz 2007.
- [28] Özcan, O., "Sakarya Nehri Alt Havzası'nın Taşkın Risk Analizinin Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi," İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Yüksek Lisans Tezi 2008.
- [29] Tanbul, H., "Osmancık İlçe Merkezinde Bulunan Kavaközü Deresinin CBS Destekli Taşkın Belirlenmesi," Coğrafi Bilimler Dergisi, vol. 5, no. 1, pp. 21-27, Ocak 2013.
- [30] Sönmez, O., "Nehirlerde 2 Boyutlu Taşkın Modellemesi ve Taşkın Haritalarının Oluşturulması," Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Doktora Tezi 2013.
- [31] Herman, J., (2014, June) [www.iowadnr.gov](http://www.iowadnr.gov), [www.iowadnr.gov/Environmental-Protection/Land-Quality/Flood-Plain\\_Management/Flood-Plain-Mapping](http://www.iowadnr.gov/Environmental-Protection/Land-Quality/Flood-Plain_Management/Flood-Plain-Mapping). Erişim Tarihi: 17.02.2016
- [32] Krivoruchko, K., Gotway, C., and Zhigimont, D., "Statistical Tools For Regional Data Analysis Using GIS," in GIS'03 Proceedings of the 11th Association for Computing Machinery (ACM) International Symposium on Advances in Geographic Information Systems , Chicago, 2003, pp. 34-42.
- [33] Hengl, T., "A Practical Guide to Geostatistical Mapping," Official Publications of the European Communities, vol. 17, no. 7, pp. 56-64, July 2009.
- [34] Webster, R., "Quantitative Spatial Analysis of Soil in the Field," Advances in Soil Sciences, vol. 3, no. 6, pp. 1-70, February 1985.
- [35] Hansen, H.S., "Avenue-a Powerful Environment for Developing Spatial Data Analysis Tools," in 12th ESRI European User Conference, Copenhagen, Denmark, 1997, pp. 98-105.

- [36] Tobler, W.R., "Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region," *Economic Geography*, vol. 4, no. 46, pp. 234-240, December 1970.
- [37] Cliff, A.D., and Ord, J.K., "Spatial Process: Model and Applications," Pion Ltd, London, 1981.
- [38] Bailey, T., and Gatrell, "Interactive Spatial Data Analysis," Addison Wesley Longman Limited, Harlow, UK, 1995.
- [39] Kalkhan, M.A., "Spatial Statistics Geospatial Information Modelling and Thematic Mapping," CRC press, vol. 4, no. 2, pp. 73-83, May 2011.
- [40] Caruso, C., and Quarta, F., "Interpolation Methods Comparison," *Computer and Mathematics with Application*, vol. 35, no. 12, pp. 109-126, January 1998.
- [41] Zadeh, L.A., "Probability Measures of Fuzzy Event," *Int. journal of Mathematical Analysis and Application*, vol. 23, no. 2, pp. 421-427, August 1968.
- [42] Romanowicz, R., Beven, J., Frodesham, K.J., and Matgen, P., "Fuzzy Set Approach to Calibrating Distributed Flood Inundation Models Using Remote Sensing Observations," *Hydrol. Earth Syst. Sci*, vol. 11, no. 3, pp. 739-752, April 2003.
- [43] Ramon, Jr., "Spatial Modelling of Adaptation Strategies for Urban Built Infrastructures Exposed to Flood Hazards," *Spatial Sciences*, vol. 8, no. 4, pp. 23-35, February 2003.
- [44] Kamarasa, B.A.M., Lopez-Garcia, M.J., and Soriano-Garcia, J., "Mapping Temporally-Variable Exposure to Flooding in Small Mediterranean Basins Using Land-use Indicators," *Application in Geography*, vol. 31, no. 1, pp. 136-145, June 2011.
- [45] Carmen, M., et al., "The development of a New Methodology Based on GIS and Fuzzy Logic to Locate Sustainable Industrial Areas," in *10th Int. Conf. Geogr. Inf. Sci.*, Aalborg-Denmark, 2011, pp. 1-8.
- [46] Mohd, M.S., Alias, B., and Daud, D., "GIS analysis for flood hazard mapping: Case study; Segamant, Johor, West Malaysia," in *National Seminar on Geographiv Information System Application for Mitigation in Natural Disaster*, Delhi-India, 2006, pp. 1-15.



- [47] Tao, Z.H., and Jingdong, W., "Application of Analytical Hierarchy Process in Debris Flow Risk Degree Assessment- A case study of Miyun County, Beijing City," *Bulletin of Soil and water Conservation*, vol. 28, no. 5, pp. 6-10, April 2008.
- [48] Lawal, D., Matori, A., and Hashim, A., "Detecting Flood Susceptible Areas Using GIS-Based Analytic Hierarchy Process," in *International Conference on Future Environment and Energy*, Tehran-Iran, 2012, pp. 3-4.
- [49] FEMA. (2015, June) [fema.gov](http://fema.gov), [www.fema.gov/flood zone](http://www.fema.gov/flood_zone) Federal Emergency Management Agency. Erişim Tarihi: 23.11.2015

## ÖZGEÇMİŞ

Hussein BIZIMANA, 01.07.1988 de Kigali' de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kigali-Nyamirambo'da tamamladı. 2007 yılında Groupe Scolaire Officiel de Butare Lisesi, Fen bilimleri Bölümünden mezun oldu. 2009 yılında başladığı Kigali Institute of Science and Technology İnşaat ve çevre mühendisliğinin bölümünü 2012 yılında bitirdi. 2012 – 2013 yılları arasında Aras Ruanda'da inşaat sektöründe mühendis olarak çalıştı. Bu süre içerisinde şirketin yeni hidrolik projeleri yanı sıra verimlilik projeleri ve toplam kalite yönetimi projelerinde aktif rol aldı. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdi ve 2016 yılında mezun oldu.