

## Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi

https://dergipark.org.tr/tr/pub/tuzal

e-ISSN 2687-4997



# Simülasyon Modeli ile Deprem Senaryosu Oluşturulması ve Aksaray İli Triyaj Tahmin Analizi

Asuman Akşit\*<sup>1</sup>, Semih Ekercin<sup>2</sup>, Ümran Kaya<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakülte, Jeodezi ve CBS ABD, Aksaray, Türkiye

<sup>2</sup>Antalya Bilim Üniversitesi, Antalya, Türkiye

<sup>3</sup>Antalya Bilim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

### Anahtar Kelimeler:

Arena Simülasyon Modeli  
Afet Yönetimi,  
Risk Yönetimi,  
Türkiye,  
Orta Anadolu

### ÖZ

Depremler, canlı yaşamını ciddi şekilde etkileyebilen doğal felaketlerdir. Zemin özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, bazı durumlarda deprem şiddeti nedeniyle önemli can ve mal kayıpları meydana gelebilir. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında depremleri önceden belirlemek mümkün olmamaktadır. Fakat, afet yöntemi çalışmalarının doğru planlanması ile maddi hasarlar ve sosyo-ekonomik kayıplar en aza indirgenebilir. Afet yönetimi kapsamında risk yönetimi ve kriz yönetimini iyi bir şekilde planlamak toplumun olumsuz yönde etkilenmesini azaltarak kaynakların doğru kullanılması hedefini gözetilen bir yaklaşımdır. Bu noktada en büyük görev bölge yöneticilerine düşmektedir. Ülkemizde afetlerden kaynaklanan can ve mal kayıplarında önemli bir rol oynayan depremlere yönelik afet yönetimi çalışmalarında, olası depremler için senaryolar geliştirilmektedir. Bunun için, stokastik temellere dayanan ve kurgusal yapıya sahip iki ana yaklaşım kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin artan nüfus ve sanayi potansiyeline sahip Aksaray ilinin merkez ilçesindeki 11 mahalle için deprem senaryosu üretilmiştir. Senaryonun üretilmesi için stokastik temelleri olan kurgusal yöntem kullanılarak ARENA simülasyon modeli oluşturulmuştur. Ayrıca modelden elde edilen verilerle üretilen senaryonun sonuçları kullanılarak Aksaray ili için ilk defa detaylı bir triyaj tahmin analizi yapılmıştır. Simülasyon modeli oluşturulurken ilgili mahallelerin zemin profil bilgisi, bina kat sayıları ve mahallelerin nüfus sayıları arasındaki ilişki değerlendirilerek olası hasar ve kayıp tahmini yapılmıştır. Simülasyon tabanlı deprem senaryosundan elde edilen sonuçlara göre yapılan triyaj analizi, 5,1 Mw büyüklüğündeki olası bir depremde can kaybı sayısının (T4) 0 iken, 6,5 Mw büyüklüğündeki olası bir depremde 705 olacağını ve nüfusun yaklaşık %0,70'inin depremden etkilendiğini göstermektedir.

## Creating an Earthquake Scenario Using a Simulation Model and Triage Prediction Analysis for Aksaray Province

### Keywords:

Arena Simulation Model,  
Disaster Management,  
Risk management,  
Türkiye,  
Central Anatolia

### ABSTRACT

Earthquakes are natural disasters that can severely impact living conditions. While their effects may vary depending on the characteristics of the ground, in some cases, significant loss of life and property damage can occur due to the intensity of the earthquake. According to studies in the literature, it is not possible to predict earthquakes in advance. Proper planning of disaster management strategies can minimize material damage and socio-economic losses. Effective risk and crisis management planning aims to reduce societal impact while ensuring efficient resource use. The primary responsibility lies with regional managers, who develop earthquake scenarios to manage the significant loss of life and property caused by earthquakes. To achieve this, two main approaches based on stochastic foundations and fictional structures are used. In this study, an earthquake scenario has been developed for the 11 neighborhoods in the central district of Aksaray, a province with increasing population and industrial potential in Turkey. A stochastic-based fictional method was used to create an ARENA simulation model for generating the earthquake scenario. Using the model's data, a

### Makale Bilgileri

Geliş : 01/11/2024  
Kabul: 27/11/2024  
Yayınlanma: 30/12/2024

### Alıntı:

Akşit, A., Ekercin, S., Kaya, Ü. (2024). Simülasyon modeli ile deprem senaryosu oluşturulması ve Aksaray ili triyaj tahmin analizi. Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 6 (2), 122-131.

detailed triage prediction analysis was conducted for Aksaray province for the first time. The model considered factors such as ground profiles, building heights, and population numbers to estimate potential damage. The results showed that in a 5.1 Mw earthquake, there would be no casualties (T4), while a 6.5 Mw earthquake would result in 705 casualties, affecting approximately 0.70% of the population.

## 1. GİRİŞ

Depremler kökeni yerin içinde olan ve kırılmalar sebebiyle aniden oluşan titreşimlerin dalgalar şeklinde yayılması ile can ve mal kaybına sebep olduklarından insanları çok korkutan doğal afetlerden biridir. Deprem meydana geldiğinde bölgeye vereceği hasar ve kayıp, jeolojik faktörler, yapısal faktörler ve sosyo-ekonomik faktörlerle doğrudan ilişkilidir.

Depremler başta olmak üzere, ülkemizde meydana gelebilecek doğa kaynaklı afetlerin zararlarını azaltmak için yapılması gereken faaliyetler bulunmaktadır. Bunlar; risk yönetimi ve kriz yönetimi altında değerlendirilebilir (Gerdan, 2021). Deprem özelinde bakıldığında, risk yönetimi, deprem meydana gelmeden önce varolan tehlike ve risklerin belirlenmesi, depremin tahmini ve erken uyarı sistemleri, önlem alma, kurtarma, tahliye, ilk ve acil yardım planları ve depreme hazırlıklı olma çalışmalarından oluşmaktadır. Kriz yönetiminde ise deprem sonrası hızlı müdahale ve iyileştirme evresinde yapılacaklar ön plana çıkar. Risk ve kriz yönetimin temel hedefi afet kaynaklı ortaya çıkabilecek zararı en aza indirmektir. Afet öncesi, sırası ve sonrasını kapsayan bu aşamaların etkin bir şekilde sürdürülebilmesi için, olası bir afet sonrası zararın tahmin edilerek buna yönelik senaryolar oluşturulması afet yönetimi çalışmalarında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Kaya & Yıldırım, 2012). Literatürde deprem senaryosu oluşturmak için deterministik, stokastik ve kurgusal yöntemler kullanılmaktadır. Deterministik yöntemde, doğa kaynaklı afet tehlikesi olasılık temeline dayandırılmadan, şiddet, ivme ve hız gibi belirsizlik bulundurmeyen matematiksel bir tanım kullanılarak oluşturulur (Jica, 2002; Küçükçoban, 2004). Bu yöntem ile deprem senaryosu oluşturulacak ise diri fay hatları ve bu fayların üretebileceği en büyük deprem büyüklüğü belirlenir. Bu fayların konuma olan minimum mesafe hesaplanır. Sonrasında belirlenen bölgede depremin oluşacağı varsayımı yapılarak, depremin maksimum yaratabileceği yer hareketi verileri belirlenir (Özmen & Can, 2016). Stokastik yöntemler kullanılarak oluşturulan deprem senaryolarında ise hasar yapıcı bir depremin belli bir konumda ve belli bir zaman diliminde meydana gelme olasılığı belirlenmeye çalışılır (Crozi vd., 2005). Bir diğer yöntem olan kurgusal yöntemde ise olası depremin etkileri sosyal olarak ifade edilir. Diğer bir ifade ile bu yöntem matematiksel ifadelerden uzak bir yöntemdir (Çiftçi vd., 2020).

Deprem senaryosunda deterministik ve stokastik yöntemlerin kullanılabilmesi için, ilgili bölgede kaydedilmiş deprem hasar ve kayıp

verilerine dayanarak, mevcut bilgilerle geleceğe yönelik tahminler yapılması gerekmektedir. Ancak, verilerin yetersiz olduğu veya kayıtlı verilerin bulunmadığı durumlarda, hasar tahminleri güvenilir olmayacaktır.

Türkiye dünyanın önemli deprem kuşaklarından (Alp-Himalaya Kuşağı) biri üzerinde yer almaktadır. Sismik açıdan oldukça aktif bir ülke olan Türkiye'nin, Orta Anadolu Bölgesi görece olarak sakin bir bölge olarak değerlendirilse de bölgenin önemli aktif fay zonlarından biri olan Tuz Gölü Fay Zonu üzerinde yakın zamanda yapılan çalışmalar, zonun Aksaray'a yakın segmentlerinin büyüklüğü 6,8'e varabilecek depremler üretme potansiyeline sahip olduklarını göstermektedir (Kürçer 2012, Gezgin 2020). Söz konusu fay zonun özleiklerine yönelik literatürde yapılmış farklı çalışmalar olmakla birlikte il özelinde detaylandırılmış deprem tehlike haritaları bulunmamaktadır. Bu durum olası bir depremin yaratacağı hasar ve kayıp konusunda eksiklik yaratmaktadır.

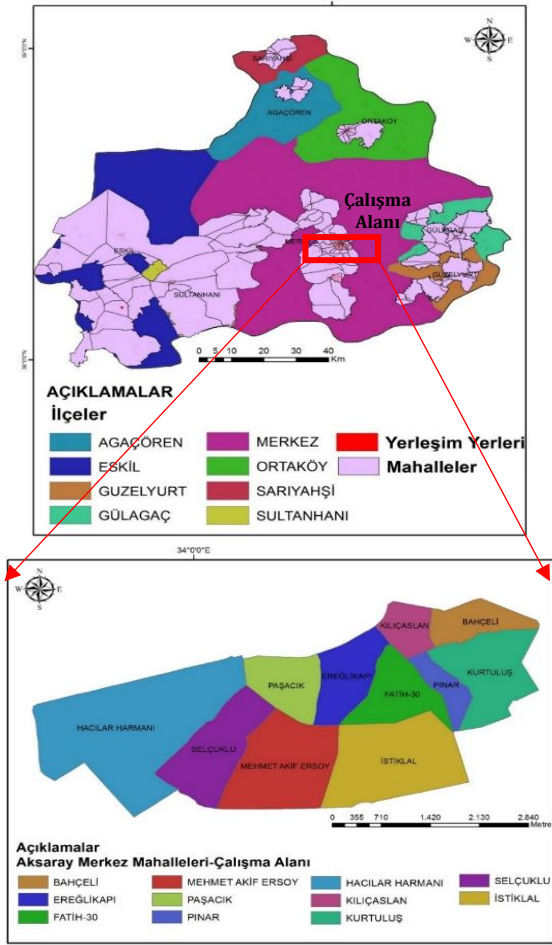
Bu çalışmanın amacı, hızla artan nüfusa sahip Aksaray ilinde Tuz Gölü Fay Zonu'nda meydana gelebilecek olası bir depremin belirlenen 11 mahallede yaratabileceği hasar ve kayıpların tahmin edilmesidir. Bu doğrultuda çalışma kapsamında stokastik temelleri olan kurgusal yöntem kullanılarak deprem senaryosu oluşturulmuştur. Ayrıca oluşturulan senaryodan sağlanan veriler ile yaralı önceliklendirme yöntemi olan triyaj tahmin analizi yapılmıştır. Çalışmada deprem senaryosu oluşturulması için kullanılan kurgusal yöntem deprem büyüklüğü ve nüfus sayısı gibi kabul edilen varsayımların dikkate alınmasını sağlarken, stokastik yöntem ise zemin profil bilgileri ve binaların kat sayıları gibi olasılıksal değerlerin de senaryoya dahil edilmesini sağlamıştır.

Özetle, çalışma kapsamında simülasyon yapısı kullanılmış, deprem senaryosu oluşturulmuş ve kayıp tahmin analizleri gerçekleştirilmiştir. Aksaray ili için bu yöntemler kullanılarak yapılmış bir kayıp tahmin analizi bulunmamaktadır. Bu nedenle Aksaray ili için olası bir deprem sonrası oluşacak kayıpların tahmini açısından bu çalışmanın ilk olduğu ve literatüre farklı bir bakış açısı sunacağı düşünülmektedir. Ayrıca kullanılan yöntemin az maliyet gerektirmesi, avantajlı hızlı sonuçlar üretmesi açısından da deprem senaryosu konusundaki çalışmalara katkı sağlaması beklenmektedir.

### 1.1. Çalışma Alanı

Aksaray ili, Edirne, İstanbul, Ankara, Adana, İskenderun karayolları ile Samsun, Kayseri, Konya ve

Antalya karayollarının kesişim noktasında yer almaktadır. Doğuda Nevşehir, güneydoğuda Niğde, batıda Konya, kuzeyde Ankara ve kuzeydoğuda Kırşehir ile çevrilidir. Yüzölçümü 7626 km<sup>2</sup> olan Aksaray, 8 ilçesi (Merkez, Ağaören, Eski, Gülağaç, Güzelyurt, Ortaköy, Sultanhanı, Sarıyahşi), 192 köy ve kasabasıyla birlikte geniş bir yerleşim alanına sahiptir (Şekil 1). İl, yüzey şekilleri bakımından genellikle düzlüklerden oluşur ve denizden 980 metre yüksekliktedir. İlin güneydoğusunda yer alan Hasandağı (3268 m) ve kuzeyini orta kısımdan ayıran, Hasandağı ile birleşen Ekecik Dağı (2137 m) bu bölgedeki belirgin yüksekliklerdir.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Bölgede ülkemizin önemli aktif tektonik yapılarından biri olan Tuz Gölü Fay Zonu bulunmaktadır. Tuz Gölü Fay Zonu, KB-GD doğrultusunda uzanan kıta içi bir fay zonudur. Yakın dönemde yapılan çalışmalarda, Tuz Gölü Fay Zonu uzunlukları 9-30 km arasında değişen birbirine paralel ya da yarı paralel 11 geometrik segmente ayrılmış ve bu segmentlerden Aksaray'a yakın olan segmentlerin (Tuz Gölü, Akhisar-Kılıç ve Altunhisar segmentleri) büyüklüğü 6,8'e çıkabilecek deprem üretme potansiyeli olduğu ortaya konmuştur (Kürçer 2012).

Bu durum, Aksaray il merkezinin de içinde bulunduğu, büyük ölçüde alüvyon zemin üzerine kurulu, nüfusu hızla artan ve yoğun sanayi

potansiyeline sahip olan bölgede, yıkıcı hasarların ve can kayıplarının meydana gelme olasılığını işaret etmektedir (Gezgin, 2020). Bu kapsamda Aksaray ili merkez ilçesinin Tuz Gölü fayına yakın olmasından dolayı çalışma alanı olan Bahçeli, Kurtuluş, Pınar, Kılıçarslan, Fatih, Ereğlikapı, İstiklal, Paşacık, Mehmet Akif Ersoy, Selçuklu, Hacılar Harmanı mahalleleri üzerinde simülasyon modeli çalıştırılarak, olası bir deprem sonrası yaralıların önceliklendirilmesi amacıyla triyaj tahmin analizi yapılmıştır.

## 2. YÖNTEM

Çalışmada kurgusal yöntem ve stokastik yöntemin ele alınması, deprem büyüklüğü ve nüfus sayısı gibi kabul edilen varsayımların kurgusal yöntemin kapsama alanına girmesinden kaynaklanmaktadır. Stokastik yöntemde ise zemin profil bilgisi ve bina katsayısı gibi olasılıksal değerleri kapsadığı için bu yöntemler melez bir şekilde kullanılmıştır. Ayrıca zemin profil bilgisi ve bina kat sayı bilgileri gibi veriler kullanılarak ARENA Simülasyon programında deprem senaryosu modellenmiştir. Yapılan modelleme sonucunda triyaj işleminin sınıflandırma grupları (ağır yaralı, hafif yaralı, geciktirilebilir yaralı ve ölü) referans alınarak can kaybı analizi yapılmıştır.

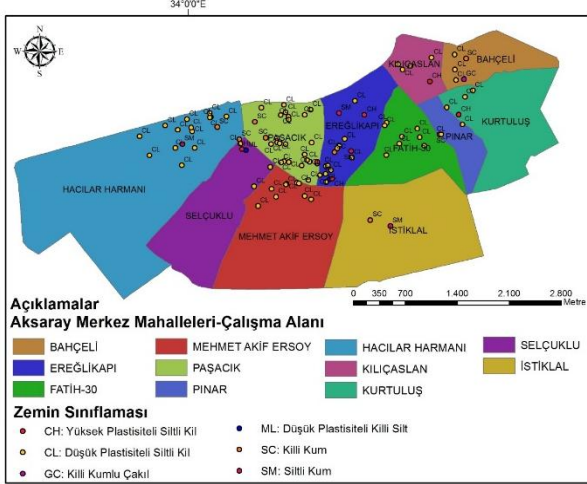
Simülasyon aracılığıyla deprem senaryosu oluşturulması için ARENA simülasyon programı kullanılarak, INTER (R) Core (TM) i7-7700HQ CPU ve 16 GB belleğe sahip bir bilgisayarda çalıştırılmıştır. Her mahalle için 10 kez tekrarlanan simülasyon sonuçları kaydedilmiş ve analiz edilmiştir.

### 2.1. Deprem Senaryosu

Olası afetlere karşı risk yönetimini en iyi şekilde gerçekleştirebilmek için, toplumların afetlerden fiziksel, sosyo-ekonomik ve psikolojik açıdan ne ölçüde etkileneceğini belirlemek önemlidir. (Karaman ve Şahin, 2009). Doğal afetlerin meydana geleceği zaman, yer, büyüklük ve oluşturacağı hasar çoğunlukla belirsizdir (Çiftçi vd., 2020). Ancak bu belirsizliklere rağmen meydana gelecek bir afete yönelik alınacak önlemler, sonrası için iyileştirme çalışmalarının yapılabilmesi için çeşitli senaryo ya da modelleme çalışmaları yapılabilir. ARENA simülasyon programı da bu amaçla kullanılan programlardan biridir. Sismik yer hareketlerinin yapılar üzerindeki etkileri, zemin kalınlıkları ve bazı fiziksel özelliklerinden oluşan parametrelere bağlıdır. Aksaray ili merkez mahalleler çalışma alanı kapsamında kullanılan önemli parametrelerden olan zemin profil yapısı için faydalanılan sondaj verileri Şekil 2'de gösterilmektedir (Göktaş, 2021).

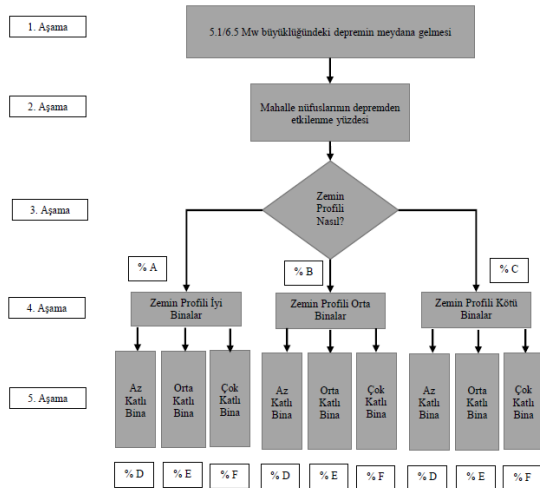
Çalışma alanında depreme ait belirsizliklerden dolayı zemin profil bilgisi ve bina kat sayıları dikkate alınarak senaryo oluşturulmuştur. Aksaray ili genelinde önceden yapılmış kapsamlı bir zemin profil çalışması bulunmadığı için parametre olarak

zemin profil bilgisi tercih edilmiştir. Çalışma alanında yer alan binaların zemin profil yapısı iyi, orta ve kötü şeklinde sınıflandırılmıştır. Diğer önemli parametre bina katsayılarıdır. Bu parametre de kendi içinde az katlı, orta katlı ve çok katlı olarak belirlenmiştir. Çok katlı ve zemin yapısı kötü olan yapının deprem nedeniyle yıkımı ve dolayısıyla kayıpların daha yüksek olacağı düşünülmektedir. 5,1-6,5 Mw büyüklüğündeki olası bir depremin seçilen parametreler dikkate alınarak oluşturulan senaryo şeması Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 2. Aksaray ili merkez ilçede bulunan mahallelerin zemin profil yapısı

Çalışma kapsamında Aksaray ili merkez mahallelerde oluşturulan deprem senaryosu için stokastik yöntem ve kurgusal yöntem kullanılmıştır.



Şekil 3. Arena simülasyon modelinin olasılıksal şematik gösterimi

### 2.1.1 Stokastik Yöntem

Bu yöntemde çalışılan deprem senaryolarında yıkıcı olan yer hareketlerinin belli bir konum ve zamanda meydana gelebilme olasılıkları belirlenmeye çalışılır. Bu olasılıkların belirlenmesinde bölgeye etki eden farklı durumları dikkate alan tehlike bazlı modeller ve oluşum için üretilen yüzlerce ya da binlerce simülasyon kaynak

alınır (Crozi vd., 2005). Stokastik yöntemlerle oluşturulan deprem senaryolarının bir bölümünü Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı hasar ve kayıp modelleri oluşturmaktadır. Ayrıca Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA), 1960'larda geliştirilen ve deprem tehlikesini değerlendirmek için kullanılan stokastik bir yöntemdir. Bu yöntem, belirli bir bölgedeki deprem olasılıklarını hesaplamak için zemin özellikleri, yerel faylar ve geçmiş deprem verilerini dikkate alır. İlk büyük uygulamalarından biri, Cornell'in 1968 yılında yaptığı çalışmadır. Cornell'in çalışması, olasılık teorisi ile deprem tehlikesi analizini birleştiren önemli bir örnek olarak kabul edilir (Cornell, 1968). Literatürde Kırşehir ili için stokastik bir yöntem kullanılarak üç farklı deprem senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların hazırlanmasında Earthquake Loss Estimation Routine (ELER) yazılım programından faydalanılmıştır (Işık, vd., 2019).

### 2.1.2 Kurgusal Yöntem

Kurgusal yöntem kullanılarak oluşturulan senaryolar sayısal veriler içermeyen, afetin etkilerini sosyal anlamda ifade etmeye yönelik bir yöntemdir. Bu nedenle de bir deprem için simülasyon modeli oluşturulurken sadece kurgusal yöntem kullanmak çok gerçekçi sonuçlar vermemektedir. Ancak bazı çalışmalarda, diğer yöntemler kullanılarak gerekli bilgilerin elde edilemediği ve varsayımların çok olduğu durumlarda başvuru bir yöntem olarak kullanılmaktadır. (Doğan, 2015; Çiftçi vd., 2020).

### 2.2. ARENA Simülasyon Programı

Yapılan bu çalışma kapsamında simülasyon modelini oluşturmak için Rockwell ARENA simülasyon programı kullanılmıştır. ARENA, SIMAN'ı da geliştiren System Modelling firması tarafından üretilmiş ve 2000 yılında Rockwell Automation tarafından satın alınmış, Windows tabanlı popüler bir simülasyon ve otomasyon yazılımıdır. SIMAN işlemcisi ve simülasyon dilini kullanarak, tedarik zinciri, süreçler, lojistik, hizmet sistemleri, dağıtım ve depolama gibi çeşitli sistemlerin mevcut performansını ve olası alternatif çalışma senaryolarını analiz etmek için yaygın olarak tercih edilmektedir (Pulat vd., 2023). Bir sürecin ağ yapısını oluşturarak, kaynak tahsisini daha hassas bir şekilde ayarlamak ve sistem davranışını gözlemlemek mümkün hale gelir. (Wang vd., 2009). Bu çalışmada deprem simülasyon modeli oluşturulurken ARENA programının modülleri; Create, Process, Decide, Record, Singal, Delay, Hold, Station, Assing, Batch, Separate ve Dispose modülleri kullanılmaktadır.

### 2.3. Triyaj Yöntemi

Triyaj işleminde, acil durumlar veya kaos ortamlarında bulunan kişilerin sağlık durumları, ciddiyetlerine göre sınıflandırılır. Afet sonrası triyaj

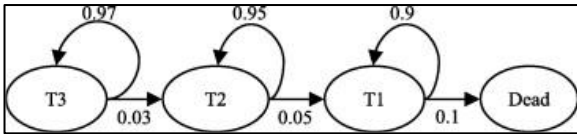
yapılmasının nedeni, kaynakların sınırlı olması ve mümkün olan en fazla sayıda insanın kurtarılmasını sağlamaktır. Triyaj işlemi sonrasında, kişiler sağlık durumlarına göre; ağır yaralı (T1), geciktirilebilecek yaralı (T2), hafif yaralı (T3) olarak sınıflandırılabilir veya ölü (T4) olabilirler. Çalışma kapsamında simülasyon girdileri kullanılarak simülasyon çıktısı olarak triyaj işlemi uygulanmıştır. Triyaj işleminde kullanılan sınıflandırma T1, T2, T3 ve T4 şeklinde gösterilmektedir (Tablo 1).

Çalışma kapsamında ilgili parametreler (zemin profil yapısı, bina katsayısı vb.) simülasyon girdisi olarak programa tanımlanmış, simülasyon çıktısı olarak ise Aksaray ili Merkez ilçede bulunan 11 mahalleye ait ayrı ayrı triyaj analiz (T1,T2,T3 ve T4) sonuçları üretilmiştir.

**Tablo 1.** Triyaj işleminde kullanılan sınıflandırma tablosu (Wilson vd., 2013)

Trijaj Sınıfı	Açıklama	Beklenen Müdahale
T1	Ağır yaralı	Acil müdahale ile hastaneye sevki sağlanmalı
T2	Geciktirilebilir yaralı	Duruma göre 2-4 saat aralığında toleransla hastaneye sevk sağlanmalı
T3	Hafif yaralı	4 saatten daha fazla toleransa sahip acil müdahale gerekmeyen
T4	Ölü	Morga sevk sağlanması

Ayrıca, ağır yaralı (T1) bir kişiye yapılacak olan müdahale anında geç kalındığında durumu ağırlaşmış ölü sınıfına (T4) geçebilmektedir ya da geciktirilebilir yaralı sınıfında (T2) yer alan bir kişi vakit ilerledikçe sağlık durumu ağır yaralı sınıfına (T1) yer alabilir. Bahsedilen bu geçiş, Markov zincirleri referans alınarak geçiş olasılıkları şeklinde, çalışmada yer almıştır (Şekil 4).

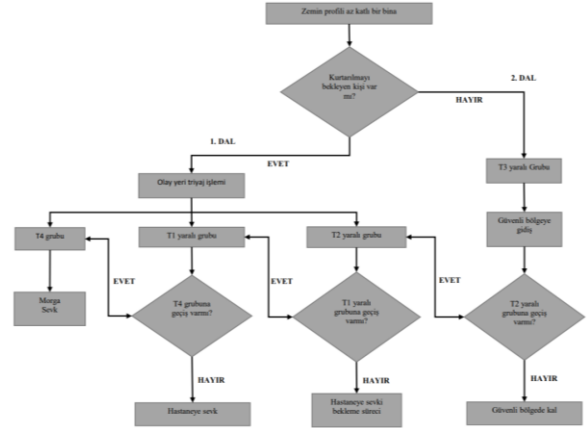


**Şekil 4.** Markov zinciri geçiş olasılıkları değerleri (Wilson vd., 2013)

Simülasyon modelinde kullanılan triyaj yöntemi sonrasında gelişen süreç Şekil 5'de gösterilmektedir. Şekil 5'de; Şekil 3'de gösterilen dokuz daldan örnek olarak zemin yapısı kötü ve çok katlı binalarda yaşayan insanların, bu hasarlı binalarda olup olmadığı sorgulanır. Şekil 5'deki triyaj yönetiminin 1.dal ve 2.dal olarak süreçler simülasyon modelinde çalıştırılmıştır.

Simülasyon modeli oluşturulurken deprem büyüklüklerine göre binaların yıkılma durumları ve triyaj yaralı önceliklendirme işleminin oranları literatür araştırması sonuçlarına göre modele

işlenmiştir. Ayrıca Şekil 4'de gösterilen Markov zinciri geçiş oranları modele tanımlanmıştır.



**Şekil 5.** Deprem sonrası triyaj yönteminin şematik gösterimi

### 3. BULGULAR

Çalışma alanına ait deprem senaryo girdileri ARENA Simülasyon programında Şekil 3'de yer alan simülasyon modeline göre oluşturulmuştur. Şekil 3'de yer alan birinci aşamada Tuz Gölü Fay Zonu üzerinde veya yakın çevresinde Mw 5,1 ve Mw 6,5 büyüklüğünde olası bir depremin meydana geldiği ve Aksaray ili merkez mahallelerini etkilediği varsayılmıştır.

Depremin büyüklüğü ve yıkıcı etkisi arasındaki ilişki konusunda genellikle kabul edilen temel ilke, depremin büyüklüğündeki her bir birim artışın, salınan enerjiyi yaklaşık olarak 32 kat artırmasıdır (Aki & Richards, 2002). Bu ilişki, Richter ölçeği gibi logaritmik ölçeklerde depremlerin enerji salınımını değerlendirirken kullanılır. Bu hesaplama, depremin enerjisini değerlendirir. Ancak, yıkım oranı veya hasar derecesini doğrudan tahmin etmez. Depremin yıkıcılığını belirleyen faktörler, sadece enerji değil; deprem derinliği, yerel zemin özellikleri, yapıların dayanıklılığı ve nüfus yoğunluğu gibi değişkenleri de içerir. Yani, Richter ölçeğinde şiddet ve enerji arasındaki ilişki üzerine olan bu varsayım, doğrudan hasar oranını yansıtmamakla birlikte enerji artışını anlamada kullanılan bir referans sağlar (Aki & Richards, 2002).

Deprem şiddetiyle yıkım oranı arasındaki ilişkiyi inceleyen birkaç önemli model bulunmaktadır. Özellikle, deprem büyüklüğü ile hasar arasındaki ilişkiyi ele alan "Gutenberg-Richter ilişkisi" sıkça kullanılır. Bu formül, deprem büyüklüğüne bağlı olarak belirli bir büyüklükteki depremlerin sayısını tahmin etmektedir. Formül şu şekildedir:

$$\text{Log}_{10}N = a - bM \quad (1)$$

Bu noktada, depremin büyüklüğü, o büyüklükteki veya daha büyük depremlerin sayısını belirtir. Bu ilişkiye göre, her birim büyüklük artışı, belirli bir

sürede aynı bölgedeki deprem sayısını yaklaşık on kat azaltır ve büyüklük arttıkça meydana gelen yıkım olasılığı da genellikle artar. Bu duruma göre, her bir büyüklük artışı belirli bir süre içinde aynı bölgedeki deprem sayısını yaklaşık on kat azaltır ve genellikle büyüklük arttıkça yıkım riski de artar. Ek olarak, odak derinliği gibi faktörlerin yıkım üzerinde önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Daha sığ depremler yüzeye daha yakın olduklarından dolayı daha yıkıcı olabilirken, derin depremlerin yıkıcı etkisi genellikle daha kısıtlıdır. Bu bağlamda, bazı araştırmacılar odak derinliği ve maksimum fay yer değiştirmesini içeren ampirik modeller geliştirmiştir, çünkü derinliğin hasar tahmininde önemli bir rol oynadığı anlaşılmıştır. Bu ilişkiler, özellikle depreme dayanıklı yapıların tasarımında ve risk yönetiminde önemli rol oynamaktadır (Gutenberg & Richter, 1955). Bu kapsamda hesaplanan değerler Şekil 3’de yer alan simülasyon modelinde 2. aşamanın girdisi olarak kullanılmıştır.

Deprem sonrası bina yıkıldığında yaralı önceliklendirme oranları yapılan literatür çalışması sonucunda belirlenmiştir (Jaiswal, Wald & D’Ayala, 2011). Bu değerler Şekil 3’de yer alan simülasyon modelinde 5. aşamaya girilmiştir.

Deprem senaryosu girdileri olarak, ilk aşamada çalışma kapsamındaki 11 mahallenin zemin profil bilgilerine dayanarak, her mahallenin hasar durumunu tahmin edebilmek için zemin profilleri; iyi, orta ve kötü şeklinde oranlarla belirlenmiştir.

Bu oranlar Aksaray Belediyesi tarafından yapılan zemin sondajlarının sonuçlarına göre verilmiştir (Göktaş, 2021, Tablo 2). Elde edilen sonuçlar Şekil 3’de yer alan simülasyon modelinde 4. aşamanın girdisi olarak kullanılmıştır.

**Tablo 2.** Çalışma kapsamında ilgili mahallelerin zemin profil oranları

Mahalle/Zemin Oranı	Profil İyi	Orta	Kötü
BAHÇELİ	20%	30%	50%
EREĞLİKAPI MAH.	10%	40%	60%
FATİH	10%	20%	70%
HACILAR HARMANI	10%	10%	80%
İSTİKLAL	50%	30%	20%
KILIÇASLAN	10%	40%	50%
KURTULUŞ	10%	30%	60%
M. AKİF ERSOY	10%	20%	70%
PAŞACIK	10%	30%	60%
PINAR	10%	20%	70%
SELÇUKLU	10%	40%	50%

Şekil 3’de yer alan 5. aşama için ise Aksaray İl Özel İdaresi’nden temin edilen, mahallelerde bulunan binaların kat sayısı kullanılmıştır (Tablo 3 ve Tablo 4)

Bu veriler ARENA Simülasyon modeli kurulumunda deprem senaryosu girdileri olarak modele işlenmiştir. Modele tanımlanan bu veriler ve istatistiksel oranlar ile çalıştırılmıştır.

**Tablo 3.** İlgili mahallelerde bulunan binaların kat sayıları

Mahalleler/ Bina Kat Sayısı	1 kat	2 kat	3 kat	4 kat	5 kat	6 kat	7 kat	8 kat	9 kat	14 kat	15 kat	Top. Bina Sayısı
BAHÇELİ	355	128	52	20	35	12						602
EREĞLİKAPI	127	121	107	195	227	54	3	22	1		1	858
FATİH	126	96	62	75	65	116	30	14	7			591
HACILAR HARMANI	414	104	36	57	24	9	3	5	1			653
İSTİKLAL	164	26	11	5	25	6	3	2				242
KILIÇASLAN	90	285	188	85	38	10				1		697
KURTULUŞ	449	198	94	24	25	11						801
M. AKİF ERSOY	324	50	43	39	43	15						514
PAŞACIK	166	78	53	86	280	51	4	28				746
PINAR	319	243	65	19	32	2		1				681
SELÇUKLU	211	70	24	32	20	1						358
Toplam	2745	1399	735	637	814	287	43	72	9	1	1	6743

**Tablo 4.** Çalışma kapsamında ilgili mahallelerin az, orta ve çok katlı bina katsayıları

Mahalleler/ Bina Kat Sayısı	Az Katlı	Orta Katlı	Çok katlı
BAHÇELİ	1-2 kat	3-4 kat	5-6 kat 6-7-8-9-15 kat
EREĞLİKAPI MAH.	1-2 kat	3-4-5 kat	
FATİH	1-2-3 kat	4-5-6 kat	7-8-9 kat
HACILAR HARMANI	1-2-3 kat	4-5-6 kat	7-8-9 kat
İSTİKLAL	1-2 kat	3-4-5 kat	6-7-8 kat
KILIÇASLAN	1-2 kat	3-4 kat	5-6-14 kat
KURTULUŞ	1-2 kat	3-4 kat	5-6 kat
M. AKİF ERSOY	1-2 kat	3-4 kat	5-6 kat
PAŞACIK	1-2 kat	3-4-5 kat	6-7-8 kat
PINAR	1-2 kat	3-4 kat	5-6-8 kat
SELÇUKLU	1-2 kat	3-4 kat	5-6 kat

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Tarihin her döneminde, depremler oldukça sık meydana gelmektedir. Depremler, öncelikle fiziksel hasarların yanı sıra sosyal, ekonomik ve psikolojik kayıplara da neden olmaktadır. Türkiye, konumu gereği etkileri yüksek olan sığ depremlere maruz kalır. Hasar yapıcı depremlerin en sonucusu Merkez üssü Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde meydana gelen 7,7Mw ve 7,6Mw büyüklüğündeki depremler, resmi rakamlara göre en az 53 bin kişinin ölümüne 100 binden fazla kişinin yaralanmasına yol açtı. "Asrın felaketi" olarak kayıtlara geçen ve 11 ili etkileyen 7,7Mw ve 7,6 Mw büyüklüğündeki depremlerle sarsılan Kahramanmaraş'ta 285 bin yapı stokunun % 55'i hasar aldı. Deprem sonucunda oluşan hasarı en aza indirmek için, depremlerde kriz yönetim sürecinin önceden titizlikle planlanması gereklidir.

Bu çalışmada Aksaray ilinde meydana gelebilecek 5,1Mw-6,5Mw büyüklüğünde bir depremin oluşturabileceği yaralı önceliklendirme (Triyaj Yöntemi) tahmini yapılmıştır. Bu çalışmada, kayıpların fiziksel boyutu incelenmiştir. Olası bir yıkıcı deprem sonrası yapılan çalışmaların en önemli amacı, can kayıplarını minimize etmektir. Ekonomik, sosyal ve psikolojik unsurlar, meydana gelen fiziksel kayıpların arkasında yatan etkenlerdir. Bu nedenle, deprem senaryosu hazırlanırken ağır yaralı, hafif yaralı ve ölü sayılarının toplamı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu tahminlerin doğruluğu, deprem sonrası kriz yönetiminde yöneticilerin daha hızlı karar almasına ve kaynakların daha düzenli ve etkin bir şekilde dağıtılmasına yardımcı olacaktır.

Deprem simülasyon sonucunda referans alınan bölüm RECORD modülü ile 5. aşamada yer alan 9 farklı daldan hesaplanan T1, T2, T3 ve T4 yaralı gruplarıdır. Örneğin, Ereğlikapı mahallesi için 10 kez çalıştırılan simülasyon sonuçlarının ortalama değerleri Şekil 6'te sunulmuştur. Deprem simülasyon çalışmasının sonuçları Ereğlikapı

Mahallesi üzerinde değerlendirilecektir. Bu sebeple mahalle ile ilgili bazı veriler simülasyon değerlendirilmesi için önem taşımaktadır. Mahalle, nüfus olarak Aksaray ilinin en kalabalık mahallelerinden biridir. Simülasyon sonucunda Ereğlikapı mahallesi için 5,1 Mw ve 6,5 Mw büyüklüğündeki depremin meydana gelmesi durumunda zemin profili ve bina kat sayısı bilgilerine göre T1, T2, T3 ve T4 grubunda yer alan kişilerin yoğunluk olarak hangi alanlarda bulunduğu sonuçları aşağıdaki Tablo 5'te ve Tablo 6'da sunulmuştur. Simülasyon çalışması öncesinde Tablo 2'de zemin profili iyi, orta ve kötü dağılımı Ereğlikapı için, iyi oranı %10, orta oranı %40 ve kötü oranı %60 olarak belirlenmiştir. Tablo 5'te 2. sütunda yer alan bina katsayı oranları ise Tablo 4'te açıklanmıştır. Ereğlikapı mahallesi toplam nüfusunun 5,1 Mw büyüklüğündeki olası depremde % 0,66 ve 6,5 Mw büyüklüğündeki olası depremde % 0,69 deprem senaryosu sonuçlarına göre sağlık açısından zarar görmüştür.

**Tablo 5.** Aksaray Ereğlikapı Mahallesi simülasyon sonucunun analizi (5,1 Mw)

Zemin Profili	Bina Kat Sayısı	T1	T2	T3	T4
İyi	Az Katlı	0	26	876	0
	Orta Katlı	0	26	545	0
	Çok Katlı	0	26	532	0
Orta	Az Katlı	0	26	1689	0
	Orta Katlı	0	13	938	0
	Çok Katlı	0	13	1243	0
Kötü	Az Katlı	13	139	4961	0
	Orta Katlı	0	128	3576	0
	Çok Katlı	0	139	3997	0
Toplam		13	536	18357	0

**Tablo 6.** Aksaray Ereğlikapı Mahallesi simülasyon sonucunun analizi (6,5 Mw)

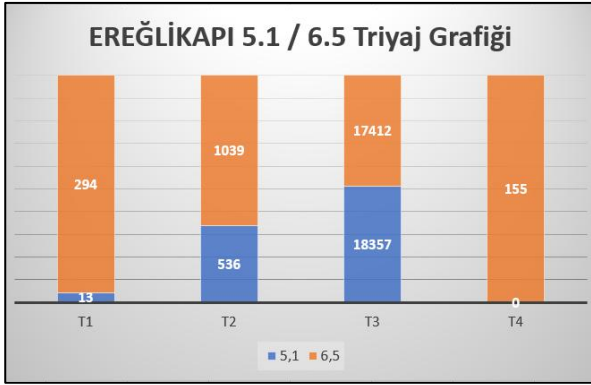
Zemin Profili	Bina Kat Sayısı	T1	T2	T3	T4
İyi	Az Katlı	0	13	849	0
	Orta Katlı	0	39	595	0
	Çok Katlı	0	13	480	26
Orta	Az Katlı	13	51	1739	0
	Orta Katlı	0	13	772	13
	Çok Katlı	26	51	1115	0
Kötü	Az Katlı	90	303	5177	13
	Orta Katlı	115	304	3286	26
	Çok Katlı	50	252	3399	77
Toplam		294	1039	17412	155

Çalışma kapsamında yer alan Aksaray merkez 11 mahallelerin 5,1 Mw ve 6,5 Mw büyüklüğündeki deprem senaryosu sonuçları Tablo 7'de ve Tablo 8'de sunulmuştur. 5,1 Mw büyüklüğündeki deprem simülasyon sonucuna göre ağır yaralı (T1) 59,

geciktirilebilir yaralı (T2) 2454, hafif yaralı (T3) 84458 ve ölü sayısı (T4) 0 olmuştur. Bu senaryoya göre toplam nüfusun yaklaşık % 0,69 deprem sonucunda sağlık durumlarının zarar görmesi nedeniyle etkilenmesi öngörülmüştür.

Ayrıca 6,5 Mw büyüklüğündeki deprem simülasyon sonucuna göre ağır yaralı (T1) 1342, geciktirilebilir yaralı (T2) 4782, hafif yaralı (T3) 80130 ve ölü sayısı (T4) 705 olmuştur. Bu senaryoya göre toplam nüfusun yaklaşık % 0,70 deprem sonucunda sağlık durumlarının zarar görmesi nedeniyle etkilenmesi öngörülmüştür.

Simülasyon modelinin sonuçlarına göre Ereğlikapı mahallesi 5,1 Mw ve 6,5 Mw büyüklüğündeki depremin meydana gelmesi durumundaki triyaj grafiği Şekil 7’te sunulmuştur.



Şekil 7. Ereğlikapı mahallesi triyaj grafiği

Replication: 10				
Name	Average	HalfWidth	Minimum	Maximum
T1 SAY 1	0	0	0	0
T1 SAY 2	0	0	0	0
T1 SAY 3	0	0	0	0
T1 SAY 4	1,3	2,940804	0	13
T1 SAY 5	0	0	0	0
T1 SAY 6	2,6	3,921072	0	13
T1 SAY 7	9	6,125951	0	25
T1 SAY 8	11,5	6,627516	0	25
T1 SAY 9	5	7,540524	0	25
T2 SAY 1	1,3	2,940804	0	13
T2 SAY 2	3,9	4,492153	0	13
T2 SAY 3	1,3	2,940804	0	13
T2 SAY 4	5,1	6,32191	0	25
T2 SAY 5	1,3	2,940804	0	13
T2 SAY 6	5,1	6,32191	0	25
T2 SAY 7	30,3	9,820356	0	51
T2 SAY 8	30,4	15,99302	0	63
T2 SAY 9	25,2	11,9835	0	63
T3 SAY 1	84,9	29,91878	25	152
T3 SAY 2	59,5	14,88848	25	89
T3 SAY 3	48	20,80693	0	101
T3 SAY 4	173,9	28,73217	101	241
T3 SAY 5	77,2	17,28672	51	114
T3 SAY 6	111,5	23,03072	63	165
T3 SAY 7	517,7	47,77629	419	622
T3 SAY 8	328,6	31,80493	254	406
T3 SAY 9	339,9	53,02168	254	482
T4 SAY 1	0	0	0	0
T4 SAY 2	0	0	0	0
T4 SAY 3	2,6	3,921072	0	13
T4 SAY 4	0	0	0	0
T4 SAY 5	1,3	2,940804	0	13
T4 SAY 6	0	0	0	0
T4 SAY 7	1,3	2,940804	0	13
T4 SAY 8	2,6	3,921072	0	13
T4 SAY 9	7,7	6,345251	0	25
Z1AB	201,5	38,4171	126	266
Z1CB	1309,2	30,67761	1231	1371

Şekil 6. Aksaray Ereğlikapı ARENA simülasyon sonuçları

Tablo 7. Aksaray ili merkez 11 mahallenin simülasyon sonucunun analizi (5,1 Mw)

Mahalle Adı	T1	T2	T3	T4	Toplam	Toplam Nüfus	Etkilenme Oranı
BAHÇELİ	2	87	3229	0	3318	3345	0,81
EREĞLİKAPI	13	536	18357	0	18906	19030	0,66
FATİH	11	452	15213	0	15676	15753	0,49
HACILAR HARMANI	4	168	5656	0	5828	5872	0,75
İSTİKLAL	1	52	2068	0	2121	2143	1,03
KILIÇASLAN	4	171	6074	0	6249	6291	0,67
KURTULUŞ	3	126	4571	0	4700	4744	0,93
M. AKİF ERSOY	4	168	5788	0	5960	6011	0,85
PAŞACIK	12	494	16863	0	17369	17485	0,67
PINAR	3	116	3957	0	4076	4113	0,9
SELÇUKLU	2	84	2682	0	2768	2782	0,51
TOPLAM	59	2454	84458	0	86971	87569	0,69



**Tablo 8.** Aksaray ili merkez 11 mahallenin simülasyon sonucunun analizi (6,5 Mw)

Mahalle Adı	T1	T2	T3	T4	Toplam	Toplam Nüfus	Etkilenme Oranı
BAHÇELİ	46	175	3058	24	3303	3345	1,26
EREĞLİKAPI	294	1039	17412	155	18900	19030	0,69
FATİH	248	873	14439	131	15691	15753	0,4
HACILAR HARMANI	92	328	5369	48	5837	5872	0,6
İSTİKLAL	28	111	1960	13	2112	2143	1,45
KILIÇASLAN	92	339	5762	48	6241	6291	0,8
KURTULUŞ	69	251	4336	36	4692	4744	1,1
M. AKİF ERSOY	92	328	5492	48	5960	6011	0,85
PAŞACIK	271	957	15998	143	17369	17485	0,67
PINAR	64	222	3761	35	4082	4113	0,76
SELÇUKLU	46	159	2543	24	2772	2782	0,36
TOPLAM	1342	4782	80130	705	86959	87569	0,7

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, olası deprem sonrası hasar oranını etkileyen zemin profil yapısı ve bina katsayısı parametreleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde, zemin profil yapısı kötü ve yüksek katlı binalarda depreme maruz kalan kişi sayısı daha fazla olacaktır. Örneğin, deprem senaryosu çıktılarının gösterildiği Tablo 7 ve Tablo 8'e göre depremden en fazla etkilenen mahalleler arasında Ereğlikapı Mahallesi bulunmakta olup ve Tablo 2'ye bakıldığında, mahallenin %60 oranında zemin profilinin kötü olduğu görülmektedir. Tablo 3'e göre ise, mahallede 7, 8, 9 ve 15 katlı binaların bulunduğu tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında, deprem sonrası hasar durumunu zemin profili ve bina kat sayısı gibi parametrelerin önemli ölçüde etkilediği anlaşılmaktadır. Olası bir depremin akabinde, meydana gelebilecek hasarlar ve kayıplar tamamen engellenemez. Ancak, Aksaray ili örneğinde deprem sonrası kayıp tahmin analizi sonuçları gibi senaryo çıktılarının kullanılmasıyla yapılan planlamalar ve düzenlemelerin; hizmet verecek personel, hizmet alacak kişiler ve yönetilecek süreç açısından daha etkili ve verimli olması beklenmektedir.

Deprem senaryosu, simülasyon ile hazırlanmıştır. Simülasyonun en temel amacı, aynı anda birden fazla parametreyi değerlendirme imkanı sunmaktır. Skolastik (olasılıksal) modellere kıyasla, birden fazla parametreyi ele alan modeller, daha hızlı ve ekonomik sonuçlar sağlar. Simülasyonun bir diğer avantajı, Aksaray ili için tasarlanan yapının başka iller için de uygun olabilmesidir. Simülasyonun tekrar sayısı artırıldığında, elde edilen sonuçlar daha gerçekçi hale getirilebilir. Önceki deprem sonrası kayıpların tahminine yönelik çalışmalarda simülasyon programı kullanılmamış olması, bu çalışmanın özgünlüğü açısından önemli bir unsurdur ve senaryo oluşturma sürecine farklı bir bakış açısı kazandırmıştır.

Çalışması kapsamında, deprem sonrası hasar tahmini için zemin profili ve bina kat sayısı bilgileri

kullanılmıştır. Çalışmanın devamında, bu parametrelere ek olarak depremin odak derinliği de simülasyon ağına dahil edilerek elde edilen sonuçların gerçekçiliği artırılacaktır. Deprem hasarına etki durumu eklenen her bir parametre için sayısal açıdan değerlendirilebilecektir. Gelecekteki çalışmalar için bir diğer önemli nokta, Aksaray ili merkez mahallelerinin hasar durumlarının 11 mahalle bazında elde edilmiş olmasıdır. Ağ yapısı daha kapsamlı bir şekilde geliştirildiğinde, tek bir simülasyonla çıktısı alınmak istenen bölgenin triyaj analizleri daha hızlı ve tek seferde gerçekleştirilebilir.

### Bilgilendirme/Teşekkür

Bu çalışma, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ABD'da 1. Yazarın 2. yazar danışmanlığında yürüttüğü tez çalışmasının bir bölümüdür. Yazarlar, çalışma kapsamında kullanılan verilerin temini için Aksaray Belediyesi, Aksaray İl Özel İdaresi'ne ve analizlerin yapılması ve değerlendirilmesi konusundaki katkıları için Antalya Bilim Üniversitesi Arş. Gör. Ümran KAYA'ya teşekkür ederler.

### Araştırmacıların katkı oranı beyan özeti

A. Akşit : Verilerin toparlanması, Araştırma, Görselleştirme, Kontrol, Makale Yazımı  
S. Ekercin : Sonuçların kontrolü, Görselleştirme  
Ü. Kaya : Veri analizi, Araştırma, Modelleme

### Çıkar çatışması beyanı

Makale ile ilgili olarak, herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## Araştırma ve yayın etiği beyanı

Yapılan çalışmada yazarlar, araştırma ve yayın etiğine aykırı bir durum olmadığını ve çalışmanın etik kurul izni gerektirmediğini beyan etmektedir.

## KAYNAKÇA

- Aki, K. ve Richards, PG (2002). Kantitatif sismoloji .
- Cornell, C. A. (1968). Engineering seismic risk analysis. Bulletin of the seismological society of America, 58(5), 1583-1606.
- Crozi, M., Galetto, R., & Spalla, A. (2005). Deprem sonrası acil durumları yönetmek için bir Web CBS. Afet Yönetimi için Coğrafi Bilgi , 1255-1270.
- Çiftçi, S., Çakırer, Z., & Sakallı, Ü. (2020). Simülasyon çalışması ile deprem senaryosu oluşturulması ve Kırıkkale ili kayıp tahmin analizi. International Journal of Engineering Research and Development, 12(2), 603-617.
- Doğan, M. (2015). İl bazında afet lojistiği: Kocaeli ili örneği. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Gezgin, C. (2020). Gns ve insar teknikleri ile Tuz Gölü fay zonu'nun (TGFZ) kinematik analizi. Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gerdan, S. (2021). Kentsel planlama açısından il afet risk azaltma planlarının değerlendirilmesi. Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 10(4), 1006-1012.
- Göktaş, B. (2021). Aksaray ili 5 ve 6 nolu yağmursuyu drenaj bölgelerinin jeoteknik özelliklerinin incelenmesi (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Gutenberg, B., & Richter, C. F. (1955). Magnitude and energy of earthquakes. Nature, 176(4486), 795-795.
- Işık, E., Sağır, Ç., Tozlu, Z., & Ustaoglu, Ü. S. (2019). Farklı deprem senaryolarına göre Kırşehir ili kayıp tahmin analizleri.
- Jaiswal, K., Wald, D., & D'Ayala, D. (2011). Developing empirical collapse fragility functions for global building types. Earthquake Spectra, 27(3), 775-795.
- JICA, I. (2002). The study on a disaster prevention/mitigation basic plan in Istanbul including seismic microzonation in the Republic of Turkey. Pacific Consultants International, OYO Corporation, Istanbul.
- Karaman, H., & ŞAHİN, M. (2011). Zeytinburnu ilçesi için deprem hasar tahmini çalışması. İTÜ.
- Kürçer, A. (2012). Tuz Gölü Fay Zonu'nun Neotektonik Özellikleri ve Paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye.DERGİSİ/d, 8(3).
- Kaya, İ., & Yıldırım, S. (2012). Afet Yönetimi ve Stratejik Planlama. İstanbul: Nobel Yayın Dağıtım.
- Küçükçoban, S. (2004). Sismik hasar tahmini için bir yazılımın geliştirilmesi: Vaka çalışmaları (Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi).
- Özmen, B., & Can, H. (2016). Ankara için deterministik deprem tehlike analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(1).
- Pulat, M., Bayyurt, D., & Kocakoç, İ. D. (2023). Kayıt Sistemi Süreç İyileştirmesinde Simülasyon Tekniğinin Kullanımı ve Bir Uygulaması. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 13(1), 42-59.
- Wang, Y., Li, W., & Lu, J. (2009). Reliability analysis of phasor measurement unit using hierarchical Markov modeling. Electric Power Components and Systems, 37(5), 517-532.
- Wilson, D. T., Hawe, G. I., Coates, G., & Crouch, R. S. (2013). A multi-objective combinatorial model of casualty processing in major incident response. European Journal of Operational Research, 230(3), 643-655



© Author(s) 2024.

This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>