

SİGORTA EKSPERLERİNİN DASK SİGORTASI DEĞERLENDİRMELERİNİN BULANIK MANTIK ALTINDA İNCELENMESİ

ASSESSMENT OF TCIP COMPULSORY EARTHQUAKE INSURANCE EVALUATIONS BY LOSS ADJUSTERS UNDER FUZZY LOGIC

Dr. Çetin Önder İNCEKARA 

BOTAŞ, Müdür

BOTAŞ Genel Müdürlüğü, Bilkent /ANKARA

Geliş Tarihi / Received: 27.03.2022
Kabul Tarihi / Accepted: 20.05.2022

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.952

ÖZET

Ülkemizin jeolojik, topoğrafik özellikleri ve iklim karakteristiği nedeniyle doğal afetler sıklıkla yaşanmaktadır. Ülkemizin %96'sı farklı tehlike derecelere sahip bir deprem kuşağındadır. Bu durum ülkemizde Dask (Doğal Afet Sigortaları Kurumu) deprem sigortasının yaptırılmasının önemini açıkça ortaya koymaktadır. Deprem poliçesi; deprem sonrası maddi kayıpların derhal telafi edildiği bir güvencedir. Çalışmada sigorta sektöründe çalışan uzman, konusunda tecrübesi olan, Dask sigortası, deprem ve yapı mekaniği konusunda uzman kamuda ve özel sektörde çalışan müdür, mühendis, sigorta eksper/uzmanı, öğretim görevlisi olan 53 kişi (KV) ile görüşülmüş, görüşmeler neticesinde kriterler ve alt kriterleri oluşturulmuştur. Oluşturulan kriterler ve alt kriterler (21 ana kriter/75 alt kriter) değerlendirilmiştir. Sigorta sektöründe çalışan sigorta eksperlerinin deprem sonrası Dask sigortası kapsamında hasarları değerlendirmek/hesaplamak için bulanık çok amaçlı matematiksel model (Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemleri) kullanılarak geliştirilmiştir. Çalışmada "Deprem sonrası hasar değerlendirme formu" oluşturulurken; çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi olan Bulanık AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerinden faydalanılmıştır. Çalışmada Bulanık AHP yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmış, kriterler içinde "Binanın Taşıyıcı Sistemin Tipi" ağırlığı en fazla olan en önemli kriter, ikinci kriter; "Kolon Hasarlarının/Çatlaklarının Durumu", üçüncü kriter; "Depremin Şiddeti" olmuştur. Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemleri ile DASK sigortasını yapan/değerlendiren 5 sigorta eksper için değerlendirme yapılmış ve en uygun sigorta eksper seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Kriterli Karar Verme, Deprem, Sigorta, DASK, Hasar, Hasar Tespiti, Bulanık Mantık, Bulanık Çok Amaçlı Programlama Metodu, Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS, Bulanık VIKOR.

ABSTRACT

Due to the geological, topographic and climatic characteristics of Turkey, natural disasters are frequently experienced. 96% of Turkey is in an earthquake zone with different degrees of danger zones. This situation clearly reveals the importance of having TCIP (Turkish Natural Catastrophe Insurance Pool) earthquake insurance in Turkey. Earthquake insurance certificate is an assurance that financial losses are compensated immediately after an earthquake. In the study, 53 number of experts (DM) working in the insurance sector and experts in TCIP insurance, earthquake & buildings' structural mechanics, who are managers, engineers, insurance experts and instructors in public and private sectors, were interviewed. Criteria and sub-criteria of the study are formed as a result of the interviews and the established criteria and related sub-criteria (21 main criteria/75 sub-criteria) are evaluated. In the study, fuzzy multi-objective mathematical model (FMOM: by using Fuzzy AHP (Analytical Hierarchy Process), Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR methods) are used to evaluate/calculate the damages within the scope of TCIP insurance after the earthquake by insurance experts. "Post-earthquake damage assessment form" is formed by using multi-criteria decision making (MCDM) method which is Fuzzy AHP (Analytical Hierarchy Process), Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR methods. In the study, the criteria were weighted by using Fuzzy AHP method and

among the criteria, “Building’s Structural System Type” which has the highest importance weight value, therefore it was the most important criterion. The second criterion is “Status of Column Damages/Fractures”, the third criterion is “The Intensity of the Earthquake”. By using Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR methods, 5 number of insurance experts who evaluate/make TCIP insurance are evaluated and the most suitable/experienced insurance expert is selected.

Keywords: Multi-Criteria Decision Making, Earthquake, Insurance, TCIP, Damage, Damage Assessment, Fuzzy Logic, Fuzzy Multi Objective Programming, Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy VIKOR.

1. GİRİŞ

Ülkemiz dünyanın yüksek riskli deprem kuşaklarının üzerinde yer almaktadır, Ülkemizin deprem kuşağında yer alması, mal ve can kaybına dair önemli risklerle her an iç içe yaşamayı gerektirir. Ülkemizin Deprem Bölgeleri Haritası' na göre, ülkemizin %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusumuzun %95'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir. Son 58 yıl içerisinde depremlerden, 58.202 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 122.096 kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 411.465 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Sonuç olarak denilebilir ki, depremlerden her yıl ortalama 1.100 vatandaşımız ölmekte ve 7.129 bina yıkılmaktadır. Ülkemizdeki en büyük felaketlerden biri olan 1999 yılı Ağustos ayında Gölcük ve çevresinde yaşanan felakette, ülkemizde çok uzun süre göz ardı edilen deprem riskini yeniden gözler önüne sermesi nedeni ile bir mihenk taşı olarak kabul edilir. 27 Aralık 1999 tarihinde TC Resmi Gazete' de yayınlanması ile devreye giren DASK ya da diğer adı ile zorunlu deprem sigortası bu farkındalığın bir ürünüdür.

1.1. Sigorta Eksperi

Ülkemizde sigorta eksperleri olmak isteyenler için Hazine Müsteşarlığı tarafından belirlenen şartlar aşağıda sunulmuştur:

- 2 yıllık MYO ya da 4 yıllık lisans mezunu olmak,
- Medeni haklarını kullanma ehliyetine sahip olmak,
- Daha önce iflas ya da konkordato ilan etmemiş olmak,
- Türkiye Cumhuriyeti'nde ikâmet etmek,
- Kursu, sınavları ve stajı başarı ile tamamlamış olmak.

Sigorta eksperleri olmak için üniversitenin hangi bölümünden mezun olduğunun bir önemi yoktur. Yalnızca oto sigorta eksperliği için en az 2 yıllık meslek yüksek okulundan mezun olmak yeterlidir. Diğer sigorta branşları için 4 yıllık lisans bölümlerinden birinden mezun olmak yeterlidir. Sonrasında sigorta eksperleri olabilmek için eksperlik kursu alınması gerekmektedir. Eksperlik kursu; Sigortacılık Eğitim Merkezi (SEGEM) tarafından verilen bir eğitim olup eğitim sonrasında eksperlik sınavına girilebilmektedir. Kursu aldıktan sonra sınavdan başarıyla geçenler; altı ay süreyle zorunlu bir staj yaptıktan sonra sigorta eksperleri olabilmektedir.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. DASK

DASK (Doğal Afet Sigortaları Kurumu), Zorunlu Deprem Sigortası ile depremin ve deprem sonucu meydana gelen yangın, infilak, tsunami ve toprak kayması gibi olayların oluşturacağı maddi zararlar

da teminat altına alınır. (www.dask.gov.tr) Bina tamamen ya da kısmi olarak zarar görmüş olsa da teminat altındadır. DASK kapsamındaki binalar 6305 sayılı Afet Sigortaları Kanunu gereğince, aşağıda tanımlanmış binalar güvence altına alınır:

- Tapuya kayıtlı ve özel mülkiyete tabi taşınmazlar üzerinde mesken olarak inşa edilmiş binalar,
- 634 sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu kapsamındaki bağımsız bölümler,
- Bu binaların içinde yer alan ve ticarethane, büro ve benzeri amaçlarla kullanılan bağımsız bölümler,
- Doğal afetler nedeniyle devlet tarafından yaptırılan veya verilen kredi ile yapılan meskenler.

Zorunlu Deprem Sigortası ayrıca yukarıdaki koşullara uyan;

- Kat irtifakı tesis edilmiş binalar,
- Tapuda henüz cins tashihi yapılmamış ve tapu kütüğünde vasfı "arsa vs." olarak görünen binalar,
- Tapu tahsisi henüz yapılmamış kooperatif evleri.

2.2. Deprem şiddeti ve büyüklüğü

Depremi oluşturan kırık genelde yer kabuğunun derinliklerindedir. Ancak büyük depremlerde yer yüzeyine kadar ulaşarak fay kırıklarını oluştururlar. Bir deprem olduğunda, derinlerde oluşan kırığı doğrudan gözle görmek mümkün olmadığından, onun yüzölçümünü dolaylı olarak tahmin etmek zorunda kalırız. Bir başka deyişle deprem kırığını görmesek bile onun ortaya çıkardığı etkileri inceleyerek büyüklüğü hakkında bir fikir elde edebiliriz.

Yerkabuğunda oluşan dalgalanmaları ölçmek için sismometre dediğimiz aygıtlar kullanılır. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, büyüklük hesaplanırken, depremin merkezinin doğru bir şekilde belirlenmiş olması çok önemlidir.

Depremle oluşan yerkabuğu dalgalanmaları yayıldığı yöne bağlı olarak çok farklı değişimlere uğrayabilir. Olası bu bozulmalar göz önüne alınarak, büyüklüğü belirlemek için çoğu zaman tek bir sismometrenin sonuçları yetmez. Depremi farklı yönlerden ve farklı uzaklıklardan izleyebilmiş/tespit etmiş birçok sismometrelerin ölçümlerinin ortalaması alınarak daha güvenli bir sonuç elde edilir.

Depremin şiddeti; herhangi bir derinlikte olan depremin, yeryüzünde hissedildiği bir noktadaki etkisinin ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Depremin şiddeti; depremin yapılar, doğa ve insanlar üzerindeki etkilerinin bir ölçüsüdür. Bu etki, depremin büyüklüğü, odak derinliği, uzaklığı, yapıların depreme karşı gösterdiği dayanıklılık değişik olabilmektedir. Şiddet depremin kaynağındaki büyüklüğü hakkında doğru bilgi vermemekle beraber, deprem dolayısıyla oluşan hasarı yukarıda belirtilen etkenlere bağlı olarak yansıtmaktadır.

Depremin şiddeti, depremlerin gözlenen etkileri sonucunda uzun yılların deneyimlere dayanılarak hazırlanmış olan “Deprem Şiddet Cetvelleri” ne göre değerlendirilmektedir. Söz konusu cetveller, her şiddet derecesindeki depremlerin insanlar, yapılar ve arazi üzerinde meydana getireceği etkileri belirlemektedir.

Bir deprem oluştuğunda, bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için, o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu izlenimler, Şiddet Cetvelinde hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa, depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Deprem Şiddet Cetvellerinde, şiddetler Romen rakamıyla gösterilmektedir. Bugün kullanılan başlıca şiddet cetvelleri değiştirilmiştir. Bunlar, “Mercalli Cetveli (MM)”, “Geliştirilmiş/Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçeği (Modified Mercalli Earthquake Scale)” ve “Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK)” şiddet cetvelidir. Her üç cetvelde XII şiddet derecesini kapsamaktadır.

Depremi büyüklüğü; deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi olanağı olmadığından, ABD’den Prof. C. Richter tarafından 1930 yıllarında bulunan bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü olan “Magnitüd” tanımlanmıştır. Prof. Richter, episantrdan 100 km. uzaklıkta ve sert zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden (1 mikron 1/1000 mm) ölçülen maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritmasını bir depremin “magnitüdü” olarak tanımlamıştır. Bugüne dek olan depremler istatistik olarak incelendiğinde kaydedilen en büyük magnitüd değerinin 8.9 olduğu görülmektedir. Bunlar; 31 Ocak 1906 Colombiya-Ekvator ve 2 Mart 1933 Sanriku-Japonya depremleridir. Aletsel magnitüd; standart bir sismografla kaydedilen deprem hareketinin maksimum genlik ve periyot değeri ve alet kalibrasyon fonksiyonlarının kullanılması ile yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilmektedir. Aletsel magnitüd değeri, gerek hacim dalgaları ve gerekse yüzey dalgalarından hesaplanmaktadır.

Gözlemleri tarafından bildirilen bir depremin magnitüdü depremin enerjisi hakkında fikir vermez. Çünkü deprem sığ veya derin odaklı olabilir. Magnitüdü aynı olan iki depremden sığ olanı daha çok hasar yaparken, derin olanı daha az hasar yapacağından arada bir fark olacaktır. Yine de Richter ölçeği (magnitüd) depremlerin özelliklerini saptamada çok önemli bir unsurdur. Magnitüd depremin kaynağında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü; şiddet ise depremin yapılar ve insanlar üzerindeki etkilerinin bir ölçüsüdür. Depremlerin şiddeti ve magnitüdüleri arasında ampirik bir bağıntı vardır. Bu bağıntılardan şiddet ve magnitüd değerleri arasındaki dönüşümleri Çizelge 1’ de sunulmuştur.

Çizelge 1. Deprem şiddeti ve magnitüd arasındaki ilişki

Şiddet	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Richter Magnitüdü	4	4,5	5,1	5,6	6,2	6,6	7,3	7,8	8,4

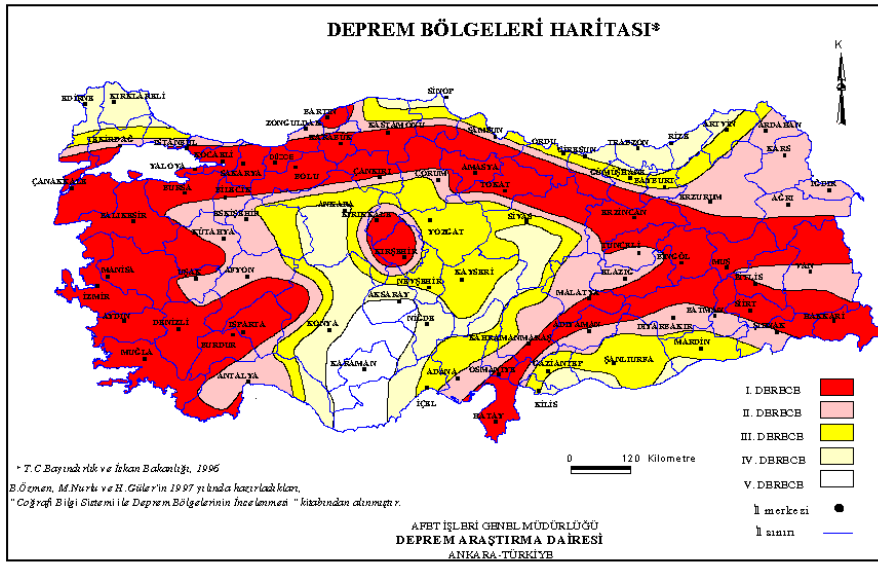
Günümüzde en sık kullanılan ölçek olan “Geliştirilmiş/Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçeği” Çizelge 2’de sunulmuştur.

Çizelge 2. Depremin Magnitüd ve Şiddet Bağıntısı
(Kaynak:<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/bilgi/xMercalli.htm>)

Magnitüd	Şiddet	Açıklama
1.0 - 3.0	I	Hemen hemen hiç hissedilmez.
3.0 - 3.9	II	Özellikle üst katlardaki bazı insanlar tarafından hissedilebilir.
	III	Binalarda bulunanlar, özellikle üst katlarda yaşayanlar açıkça hissederler. Birçok insan sarsıntının deprem olduğunu fark edemez. Duran araçlar hafifçe sallanır. Sarsıntı, büyükçe bir kamyonun geçişi sırasındaki sarsıntıyı andırır. Başlama ve bitişi insanlar tarafından hissedilebilir.
4.0 - 4.9	IV	Gündüz vakti binalarda bulunan hemen herkes tarafından hissedilir, dışarda bulunanların çok azı sarsıntıyı hisseder. Gece vakti bazılarını uykudan uyandırır. Tabaklar, pencereler ve kapılar sarsıntının etkisi ile titreşime geçer; duvarlardan çatıyormuşçasına sesler gelir. Büyük bir tırın binaya çarpmasına benzer bir etki uyandırır. Duran araçlar görünür bir şekilde sallanır.
	V	Hemen hemen herkes tarafından hissedilir ve gece vakti çoğu insanı uykusundan uyandırır. Bazı pencereler ve tabaklar kırılır. Dengesiz nesnelere devrilir. Sarkaçlı saatler durabilir
5.0 - 5.9	VI	Herkes tarafından hissedilir ve korku verir. Bazı ağır mobilyalar hareket eder; sıvalarda dökülmeler gözlenir. Genel olarak hafif hasarla sonuçlanır.
	VII	Dizaynı ve inşaatı çok iyi olan yapılarda göz ardı edilebilecek bir hasarlara yol açarken; iyi inşa edilmiş sıradan binalarda hafif ya da orta ölçüde hasar gözlenir; kötü malzeme kullanılmış ya da kötü dizayn edilmiş binalarda önemli ölçüde hasara neden olur. Bazı bacalar yıkılır.

6.0 - 6.9	VIII	Özel olarak dizayn edilmiş binalarda hafif hasar; normal yapılarda orta hasar zayıf binalarda ise oldukça büyük hasara yol açar. Bacalar devrilir, üst üste yerleştirilmiş malzemeler devrilir, duvar ve kolonlar yıkılır. Ağır mobilyalar devrilir.
	IX	Özel olarak dizayn edilmiş binalarda orta ölçekte hasar oluşurken; iyi dizayn edilmiş kafes yapılar ekseninden kayar. Normal binalarda büyük hasar oluşur ve yer yer yıkılmalar gözlenir. Binalar temellerinden kayarlar.
7.0 veya daha büyük	X	İyi inşa edilmiş ahşap yapılardan bazıları yıkılırken; taş ve kafes yapıların büyük bir çoğunluğu temelleriyle birlikte yıkılır. Demiryolları eğilir.
	XI	Birkaç yapı (özellikle taş) dışında tüm binalar ve köprüler yıkılır. Demiryolları büyük oranda eğilir ve bükülür.
	XII	Bütün binalar yerle bir olur. Ufuk çizgisi oynak bir yüzeye dönüşür. Nesnelere havada uçar.

Ülkemizin deprem haritası ve bölgeleri Şekil 1’de sunulmuştur.



Şekil 1. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (www.deprem.gov.tr)

2.3. Deprem Hasarları

Deprem sonrasında yapılarda oluşan hasarlar depremin büyüklüğüne, depremden etkilenen bölgenin ekonomik gelişmişliğine/durumuna bağlı olarak değişmektedir. Depremlerden sonra yapılan araştırmalar sonuçlarına göre deprem hasar nedenlerine göre dört grupta toplanmaktadır. Bunlar:

1. Projelendirme hataları (yumuşak kat, yetersiz yanal rijitlik, kısa kolon, güçlü kiriş-zayıf kolon bağlantı türü, düşey ve yatay doğrultuda düzensizlik, vb.)
2. Donatı işlenmesi ile ilgili hatalar (yetersiz sargılama, düğüm noktalarında yetersiz veya eksik donatı düzenlemeleri, yetersiz veya yanlış kenetlenme, vb.)
3. Yapım hataları (kötü işçilik, denetim yetersizliği, düşük malzeme dayanımı, eksik veya yanlış etriye bağlantıları, yanlış düzenlenmiş kolon filizleri, vb.)
4. Zeminle ilgili problemler

Japonların “Deprem Sonrası Hasar değerlendirme ve Rehabilitasyon Kılavuzu” na göre; birinci adımda bina dış cepheden gözlenir, binanın taşıyıcı sistemin cinsi tespit edilir, dış duvarlarda, kolon ve kirişlerde çatlaklar olup olmadığı, binanın gözle görülür derecede yanal öteleme yapmış olup olmadığı araştırılır. Bunun için gözlem yapmanın mümkün olduğu tüm cephelerden binayı gözlemek gerekir. İkinci adımda bina çevresinde geoteknik hasarlar olup olmadığı araştırılır. Bu kapsamda, binanın yakın çevresinde yer kaması, temel altında boşalma, zeminde çatlama kabarma veya

çökmeler, yapı üzerine yıkılması muhtemel diğer bina veya kaya parçaları, heyelan ve benzeri tehlikelerin olup olmadığı araştırılır. Üçüncü aşama ise bina taşıyıcı sisteminin bina içine girilerek araştırılmasıdır. Bu aşamada kolon, kiriş, perde duvarlar, döşemeler, merdivenlerdeki hasar durumuna bakılır. Üçüncü aşamaya kadar güvensiz görülen binalara girilmez.

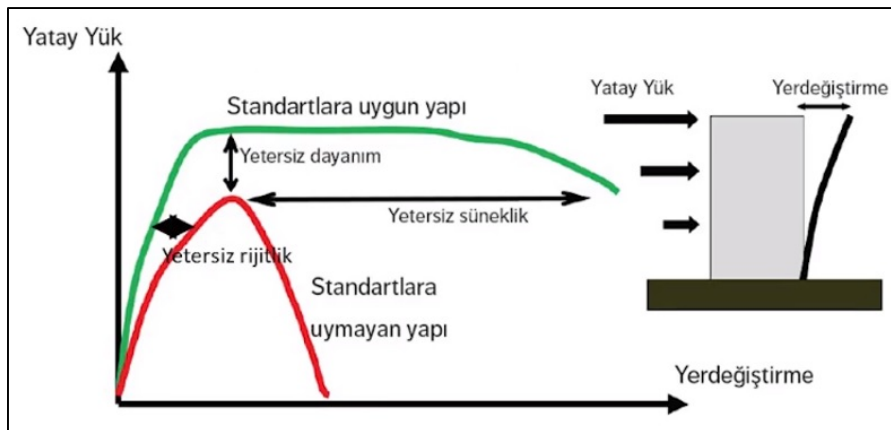
T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (Bina/yapı konusunda uzman Bayındırlık Bakanlığı ve İmar ve İskân Bakanlığı'nın birleştirilmesi ile kurulmuştur.) tarafından üniversitelere hazırlatılan "Deprem sonrası Hasar Tespit Formu"; bina içindeki taşıyıcı sistemin durumu ve hasarın puanlanarak toplam hasar puanının elde edilmesine dayanır. Puan tespitinde binanın en çok hasar gören katı dikkate alınmakta ve bu katta tespit edilen hasar tüm yapıya temsil etmektedir. Hasar düzeyi belirlenmesinde etken olan üç ana unsur ise şöyledir; yapı ve yakın çevresinin geometrik durumu, yapının taşıyıcı sistem özelliği ve geometrisi ile yapıda meydana gelen şekil değiştirmeleridir. Sübjektif değerlendirmelerden kaçınmak için, gözlenen hasar çeşitli başlıklar altında puanlandırılmakta ve sonuç olarak hesaplanan genel hasar puanına göre yapı hakkında "0 tipi hasarsız", "A tipi hasarlı (Az)", "B tipi hasarlı (Orta)", "C tipi hasarlı (ağır)" şeklinde bir hasar kararı verilmektedir.

Deprem sonrası hasar gören binalarda oluşan hasarlar yapısal elemanlardaki depremin oluşturduğu kesme hasarı ve eğilme hasarından dolayı olup yapısal eleman (kolon, kiriş ve perde duvar) hasarlarının belirlenmesi için (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığına bağlı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından) Çizelge 3 oluşturulmuştur/geliştirilmiştir.

Çizelge 3. Yapısal eleman hasarlarının belirlenmesi

Hasar Tipi	Çatlak Genişliği	Basınç Hasarı
0 Tipi Hasar	-	-
A Tipi Hasar	$W \leq 0,5\text{mm}$	-
B Tipi Hasar	$0,5\text{mm} < w \leq 3\text{mm}$	Kabuk Ezilmesi
C Tipi Hasar	-	Kabuk Atması
D Tipi Hasar	-	Donatı Burkulması, Çekirdek Ezilmesi

Deprem sırasında standartlara uyan (yeşil renk ile gösterilen) ve uymayan (kırmızı renk ile gösterilen) binaların davranışları Şekil-2'de gösterilmiştir. Yeteri kadar rijitliğe sahip olmayan yapılarda (inşaat hataları/eksiklikleri yüzünden: beton kalitesinin düşüklüğü, donatı eksikliği... vb.) deprem esnasında hasar oluşmakta hatta yıkılmaktadır. Binanın yapısal elemanlarında hasar olmayıp yalnızca duvarlarında sıva çatlakları var ise bina az hasarlıdır.



Şekil 2. Deprem sırasında Standartlara Uyan ve Uymayan Binaların Davranışları

Bina hasar düzeyine dışarıdan inceleme ile karar verilememesi durumunda bina içerisinden inceleme yapılır. Binanın yapısal elemanlarında hasar durumu ve binanın hasar kriterleri (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen kriterler) aşağıda özetlenmiştir:

a) Kattaki kolon, perde veya kolon-kiriş birleşim bölgelerinin; en az 1 tanesi D tipi ya da en az 2 tanesi C tipi hasar sınıflarında ise bina **Ağır Hasarlı** kabul edilir.

b) Kattaki kolon, perde veya kolon-kiriş birleşim bölgelerinin; en fazla 3 tanesi B tipi geri kalanların tamamı hasarsız ya da A tipi hasar sınıfında ise bina **Hafif Hasarlı** kabul edilir.

c) Bu iki şarttan herhangi biri sağlanmıyorsa bina Orta Hasarlı kabul edilir. Yapı için detaylı mühendislik incelemesinin yapılması gerekmektedir.

Deprem sonrası hasar gören yığma binalarda oluşan hasarlarının belirlenmesi için T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Çizelge 4 oluşturulmuştur/geliştirilmiştir.

Çizelge 4. Yığma binaların hasarlarının belirlenmesi

Hasar Tipi	Hasar Sınıfı	Ölçütler
0 Tipi Hasar	Hasarsız	Duvarda çatlak, ezilme yok. Sıvada çatlak veya dökülme olabilir.
A Tipi Hasar	Hafif Hasar	Kılcal çatlaklar (≤ 1 mm)
B Tipi Hasar	Orta Hasar	Çatlak genişliği ≤ 5 mm, harçta dökülmeler.
C Tipi Hasar	Ağır Hasar	Çatlak genişliği ≤ 10 mm, bloklarda ezilme, harçta dökülme.
D Tipi Hasar	Çok Ağır Hasar	Taşıyıcı duvarın kısmen veya tamamen parçalanması, yıkılması ve/veya devrilmesi.

Depremde hasar görmüş binalar, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından "Hafif-Orta-Ağır" olarak üç bölümde sınıflandırılır (www.dask.gov.tr). Bunlar;

- Ağır Hasarlı Binalar: Resmi kurumlar tarafından yıkımına karar verilen ve "ağır hasarlı" olarak tespit edilen binaların sigortalanması mümkün değildir.

- Orta Hasarlı Binalar: Bu kategorideki sigortalama, binaların onarılması ve/veya güçlendirilmesi zorunluluğu taşır; bu işlemlerin yerine getirildiğinin resmi olarak belgelendirilip sunulması koşuluyla mümkündür. Söz konusu belge, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından verilen, binanın "oturabilir" durumda olduğu gösteren uygunluk belgesidir.

- Hafif Hasarlı - Hasarsız Binalar: Bu binaların sigortalanmasında, sigortalının beyanı esas alınır ve sigorta poliçesi buna göre yapılır.

Depremin şiddet, zemin ivmesi, hız ve çeşitli yapı tiplerindeki hasar arasında ilişki Çizelge 5' te sunulmuştur.

Çizelge 5. Şiddet, Zemin İvmesi, Hız ve Yapı Tiplerindeki Hasar Arasındaki İlişkiler

Şiddet	Zemin İvmesi (gal) (0.1-0.5 sn. periyod aralığı için)	Yer titreşiminin (0,5 – 2 sn. periyod hızı cm/sn. aralığı için)	Yapı Tipleri		
			A	B	C
V	12 – 25	1.0 – 2.0	%5 Az Hasar		
VI	25 – 50	2.1 – 4.0	%5 Orta Hasar %50 Az Hasar	%5 Az Hasar	
VII	50-100	4.1-8.0	%5 Yıkıntı %50 Ağır Hasar	%5 Orta Hasar	%5 Az Hasar
VIII	100-200	8.1-16.0	%5 Fazla Yıkıntı %50 Yıkıntı	%5 Yıkıntı %50 Ağır Hasar	%5 Ağır Hasar %50 Orta Hasar
IX	200-400	16.1-32.0	%50 Fazla Yıkıntı	%5 Fazla Yıkıntı %50 Yıkıntı	%5 Yıkıntı %50 Ağır Hasar
X	400-800	32.1-64.0	%75 Fazla Yıkıntı	%50 Fazla Yıkıntı	%5 Fazla Yıkıntı %50 Yıkıntı

Çizelge 5' te yer alan yapı sınıfları aşağıda tanımlanmıştır:

A Tipi Yapılar: Kırsal konutlar (hımış, bağdadi vb.), kerpiç yapılar, kireç yada çamur harçlı moloz taş yapılar.

B Tipi Yapılar: Tuğla yapılar, yarım kagir yapılar, kesme taş yapılar, beton briket ve hafif prefabrike yapılar.

C Tipi Yapılar: Betonarme yapılar, iyi yapılmış ahşap yapılar.

Çizelge 5' te yer alan yapı hasarları aşağıda sunulmuştur:

Az Hasarlar: Yapılarda ince sıva çatlaklarının meydana gelmesi ve küçük sıva parçalarının dökülmesi.

Orta Hasar: Duvarlarda küçük çatlakların oluşması, büyük sıva parçalarının dökülmesi, kiremitlerin kayması, bacaların ve çatı duvarlarının düşmesi, betonarme yapıların taşıyıcı sistemlerinde ve elemanlarında küçük çatlakların oluşması ve taşıyıcı olmayan duvarlarda yıkılmaların olması.

Ağır Hasar: Duvarlarda büyük çatlakların meydana gelmesi ve taşıyıcı duvarların yıkılması. Betonarme yapıların yapı elemanlarında ve taşıyıcı sistemlerinde büyük ve derin çatlakların oluşması. Donatıların; mafsallaşması, burkulup beton örtüyü patlatarak en kesit dışına çıkması. Kolon-kiriş birleşim yerlerinde, kopma, kırılma ve çerçeve kolonlarında burkulmanın oluşması ve yapıda burulma düzensizliğinin ve benzer hasarların meydana gelmesi.

Yıkık: Yapıların kısmen ve tamamen yıkılması.

Çizelge 5' te yer alan; az, orta, ağır ve yıkık tanımlar ortalama bir değer olarak %5, %50, %75, oranlarını belirlemektedir. Çizelge 5' te kullanılan Medvedev- Sponheur- Karnik (MSK) Şiddet değerleri aşağıda sunulmuştur.

I, II, III Şiddetindeki Depremler: Sırasıyla; duyulmayan, çok hafif ve hafif depremlerdir.

IV Orta Şiddetli Deprem: Deprem yapı içinde çok, dışarıda ise az kişi tarafından hissedilir. Yapılarda sıvalar çatlar ve dökülür.

V Şiddetli Deprem: Deprem yapı içerisinde ve dışarısında hissedilir. Yapı sallanır, A tipi yapılarda hafif hasarlar olabilir.

VI Çok şiddetli Deprem: Yapı içinde ve dışarıda hissedilir. A tipi yapılarda orta ve çok, B tipi yapılarda az hasar görülür. Nemli zeminlerde 1 cm. genişliğinde çatlaklar olabilir. Yer kaymaları, kaynak ve yer altı sularında değişiklikler görülebilir.

VII Hasar Yapıcı Deprem: Yapı içinde fazla hissedilir. İnsanlar korkar ve dışarı kaçarlar, oturdukları yerden kalkmakla güçlük çekerler. Sarsıntı araç kullananlar tarafından da hissedilir. A tipi Yapılarda ağır hasar ve yıkık, B tipi yapılarda orta hasar, C tipi yapılarda az hasar görülür. Kaynak suları bulanır ve debileri değişir, yer altı suların düzeyleri değişir. Yollarda kayma ve çatlama olabilir.

VIII Yıkıcı Deprem: Korku ve panik meydana gelir. Ağaç dalları kırılıp, düşer. A tipi yapılarda yıkık, B tipi yapılarda ağır hasar ve C tipi yapılarda orta ve ağır hasarlar görülür. Dik şevli yol kenarlarında ve vadi içlerinde yer kaymaları olabilir. Zeminde çatlaklar oluşabilir, göl suları bulanır ve yer altı su düzeyleri değişir.

IX Çok Yıkıcı Deprem: İnsanlarda panik, hayvanlarda kaçış ve bağırışlar olur. A ve B tipi yapılarda yıkık, C tipi yapılarda ağır hasar ve yıkık görülür. Yollar bozulur, demiryolu rayları bükülür. Açık alanlarda su, kum ve çamur taşmaları, zeminlerde 10 cm. genişliğe kadar çatlaklar oluşur. Kaya düşmeleri, yer kaymaları görülür ve sulara büyük dalgalanmalar meydana gelir.

X Ağır Yıkıcı Deprem: C tipi yapılarda yıkıntı, yollarda kasisler oluşur. Baraj, bent ve köprülerde önemli hasarlar görülür, demiryolu rayları eğrilir. Zeminde 100 cm. genişliğe kadar çatlaklar görülür. Büyük heyelanlar olur, kaya düşmeleri, deniz, göl ve nehir sularında taşmalar görülür ve yeni göller oluşabilir

XI Çok Ağır Yıkıcı Deprem: İyi yapılmış yapılarda, köprülerde, su bentlerinde, barajlarda ve demiryolu raylarında tehlikeli hasarlar olur, yollar kullanılmaz hale gelir. Yatay ve düşey doğrultudaki hareketler nedeniyle yerde; geniş ve derin çatlaklar ve yarıklar oluşur ve yer önemli biçimde bozulur.

XII Yok Edici Deprem: Yer yüzeyi değişir. Yer altında ve üstündeki tüm yapılar yıkılır.

Depremi yapıları etkisi aşağıdaki etkenlere bağlıdır:

- deprem dış merkez uzaklığına,
- derinliğine,
- deprem dalgası geliş yönüne,
- büyüklüğüne,
- süresine,
- frekans içeriğine,
- yerde oluşturacağı ivmeye,
- yerel jeolojik koşullarının deprem etkisini büyütme özelliğine, (yerin baskın yer titreşim periyoduna),
- yeraltı suyu doygunluğu ve derinliğine,
- yer yapısı türüne (kayalık, toprak olmasına) ve ana kaya derinliği gibi özelliklerine bağlıdır.

Bunların dışında deprem nedeniyle bir yapıda oluşan hasarı arttıran pek çok faktör vardır. Bu parametreler aşağıda listelenmiştir:

- Binanın yaşı (yapım yılı-bağlı olduğu yönetmelik),

- Aktif faylara uzaklığı (uzak- çok uzak-çok yakın-yakın),
- Geçen 5, 10, 15, 20 ve 50 yıl içinde bölgede olan en yüksek şiddetli depremin şiddeti,
- Geçen 10, 20 yıl içinde olan deprem sayısı ve şiddetlerinin ortalaması,
- Sıvılaşma riski. Zemin durumu,
- Deprem bölgesi,
- Yerel zemin sınıfı,
- Kat sayısı,
- Kat yükseklikleri,
- Yapı davranış katsayısı (R),
- Taşıyıcı sistemi,
- Görünür işçilik kalitesi,
- Yapı önem katsayısı,
- Denize olan mesafe yada bölgenin ortalama yıllık nem miktarı (korozyon açısından),
- Kesitlerin kontrolü yani boyutların uygunluğu (kolon, kiriş, döşeme vb.),
- Yapıdaki açıklıkların miktarı (bulanık üyelendirilecek bilgi),
- Dilatasyon olup olmaması,
- Bitişinde binanın olup olmadığı, komşu katlarla kat seviyesi farkı olup olmadığı (çekiçleme etkisi açısından),
- Döşeme tipi ve katlardaki döşeme sistemi,
- Bölme duvar cinsi,
- Çıkma olup olmadığı, varsa miktarı,
- Maksimum açıklık miktarı.

Binaları etkileyen/yıkan salt deprem büyüklüğü değildir, yukarıda tanımlandığı üzere bina ile ilgili pek çok kriter hasarı ve oluşan hasarın büyüklüğünü etkilemektedir. Çalışmada yukarıda detaylı anlatılan farklı uygulamalar bulanık mantık altında incelenerek/değerlendirilerek “Deprem sonrası hasar değerlendirme formu” oluşturulmuştur.

3. BULANIK KÜMELER TEORİSİ

Teori ilk; Zadeh (Zadeh 1965) tarafından “Bulanık Kümeler” isimli makalede ele alınmıştır. Zadeh, makalesinde teorinin temel kavramları ile matematiksel özelliklerini incelemiştir. Zadeh tarafından bulanık küme; sürekli bir üyelik fonksiyonuyla (0 - 1 arasında değişen) tanımlanmıştır (İncekara 2019). Yöntemde bir problemin karmaşık olmayan çözümü doğrultusunda yaklaşık olarak modellemesinin yapılması hedeflenmektedir. Bulanık Kümeler teorisinde; karar vericilerden (KV) dilsel değişkenler ile problemin çözümüne katkı sağlaması hedeflenmiştir (İncekara 2020). AHP yöntemi ikili karşılaştırmalar yöntemi olarak kabul edilmekte olup; yöntemde karşılaştırmalar Uzmanlar/Karar Vericiler (KV) yardımıyla uzmanların tecrübelerini yansıtmakta olup karar verme aşamasında seçim kriterlerini (kriterleri/alt kriterleri) birleştirme seçeneğini sunan bir yöntem olduğu için literatürde çok sık kullanılmaktadır (İncekara 2018). Çalışmada sigorta sektöründe çalışan sigorta eksperleri için “Deprem sonrası hasar değerlendirme” formunun oluşturulması için kullanılan kriterler, alt kriterlerin ve ağırlıklarının belirlenmesi için sigorta sektöründe çalışan uzman, müdür,

yönetici, mühendis ve üniversitelerde yapı mekaniği dalında çalışan deprem ve hasarları konusunda uzman öğretim görevlisi toplam 53 kişi ile (KV) görüşülmüş, görüşmeler neticesinde kriterler ve alt kriterlerin oluşturulmuştur. Oluşturulan kriterler ve alt kriterler (21 ana kriter/75 alt kriter) değerlendirilmiştir. Çalışmada sigorta sektöründe çalışan sigorta eksperleri için “Deprem sonrası hasar değerlendirme” formunu oluşturmak, değerlendirmek/hesaplamak için bulanık çok amaçlı matematiksel model (Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemleri) kullanılarak geliştirilmiştir. Matematiksel model yardımıyla sigorta sektöründe çalışan DASK sigortası yapan/değerlendiren 5 sigorta eksperleri için değerlendirme yapılmış ve en uygun/uzman sigorta eksperleri seçilmiştir.

3.1 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Bulanık AHP (Analytic Hierarchy Process), KV’lerin dilsel değişkenler ile problemi değerlendirmeleri ile problemin çözümüne katkı sağlamaları ile AHP (Saaty 2008)’in avantajlarını bünyesinde barındıran bir yöntemdir. Bulanık yöntemin en büyük avantajı problemin çözümünde dilsel değişkenler kullanılması ile çok-kriterli-karar-verme yöntemlerinde karşılaşılan belirsizlikler giderilmektedir. Çalışmada kullanılan Bulanık AHP yöntemi ile literatürde pek çok çalışma (Chan et al. 2007, Buckley 2003, Chang 1996, Chen et al. 1992, Chen 2001, Deng 1999, Klir 1995, Ghodspour 1998, Leung 2000, Shukla 2014, Satrovic 2019, Thengane 2014, Wang 2008, İncekara 2018, İncekara 2019, İncekara 2020, İncekara 2021) yapılmıştır. Çalışmanın çözümünde üçgen bulanık sayılardan faydalanılmış olup çalışmada kullanılan dilsel ifadeler, karşılık gelen ilgili bulanık sayıları Çizelge 6’da sunulmuştur.

Çizelge 6. Çalışmada Kullanılan Dilsel ifadeler ve ilgili Bulanık Sayısı

Dilsel Değişken	İlgili Bulanık Sayı	İlgili Ters Bulanık Sayı
Eşit Önem	[1,1,1]	[1,1,1]
Biraz Daha Önemli	[1,3,5]	[1/5,1/3,1]
Oldukça Önemli	[3,5,7]	[1/7,1/5,1/3]
Çok Önemli	[5,7,9]	[1/9,1/7,1/5]
Son Derece Önemli	[7,9,9]	[1/9,1/9,1/7]

Günlük hayatımızda karar problemleri belirsizlikler içerdiğinden, bu durum dikkate alındığında Bulanık AHP, AHP yöntemine göre daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Bulanık AHP bireysel kararlar yanında grup kararı vermeye uygun bir karar verme yöntemi olma özelliğini taşımaktadır. Çalışmada bulanık sayıların ağırlıklarını hesaplanmak için Bulanık AHP yöntemi adımları aşağıda özetlenmiştir (İncekara 2020).

$K = \{k_1, k_2, \dots, k_p\}$ nesne seti ve $L = \{l_1, l_2, \dots, l_r\}$ amaç seti; her amaç için “r ölçüde” analiz yapılmıştır.

$$X^1_{hi}, X^2_{hi}, \dots, X^r_{hi} \quad (i=1,2,\dots,p; j=1,2,\dots,r) \quad (1)$$

Burada, tüm X^j_{hi} ($i=1,2,\dots,r$) bulanık sayılar olup i. için ilgili bulanık sentetik mertebesi formül (2) ile gösterilmiştir.

$$S_i = \sum_{j=1}^r X^j_{hi} \otimes \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^r X^j_{hi} \right]^{-1} \quad (2)$$

$X_1 \geq X_2$ 'nin olabilirlik derecesi formül (3) ile gösterilmiştir.

$$B(X_1 \geq X_2) = \sup_{k \geq t} [\min(\mu_{X_1}(k), \mu_{X_2}(t))] \quad (3)$$

$h \geq t$ ve $\mu_{X_1}(k) = \mu_{X_2}(t)$ durumunu sağlayan (k, t) gibi bir çift varsa; $B(X_1 \geq X_2) = 1$ 'dir. X_1 ve X_2 ; konveks bulanık sayılardır;

$$X_1 \geq X_2 ; B(X_1 \geq X_2) = \mu_{X_1}(e) \quad (4)$$

Burada e , μ_{X_1} ve μ_{X_2} arasında en yüksek kesişim noktası E 'nin ordinatıdır.

$X_1 = (a_1, b_1, c_1)$ ve $X_2 = (a_2, b_2, c_2)$ olduğunda; E 'nin ordinatı Denklem (5) ile hesaplanır.

$$B(X_2 \geq X_1) = \frac{a_1 - c_2}{(b_2 - c_2) - (b_1 - a_1)} \quad (5)$$

X_1 ve X_2 'nin karşılaştırılmasının yapılabilmesi için $B(X_1 \geq X_2)$ ve $B(X_2 \geq X_1)$ değerlerine ihtiyaç vardır.

$$\begin{aligned} B(X \geq X_1, X_2, \dots, X_f) &= B[(X \geq X_1)] \text{ ve } [(X \geq X_2)] \\ &\text{ve...ve } [(X \geq X_f)] \\ &= \min B(X \geq X_i), \quad (i=1,2,3,\dots,f) \end{aligned} \quad (6)$$

$d'(A_i) = \min B(S_i \geq S_f)$ ve $k = 1,2,3,\dots,v$; $f \neq i$ ağırlık vektörü Denklem (7) ile gösterilmiştir.

$$W' = (d'(Z_1), d'(Z_2), \dots, d'(Z_f))^T \quad (7)$$

“W” bulanık olmayan bir sayı olup; normalize ağırlık vektörü Denklem (8) ile gösterilmiştir:

$$W = (d(Z_1), d(Z_2), \dots, d(Z_i))^T (i=1,2,\dots,f) \quad (8)$$

3.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) yönteminde; ideal çözümden (pozitif ve negatif) kararların (noktaların) uzaklıkları hesaplanarak sıralaması yapılır. Chen (2000) Bulanık TOPSIS yöntemini seçim probleminin çözümü için kullanmıştır. Bulanık TOPSIS nicel ve nitel çok kriterli karar problemlerinde alternatiflerin seçim sıralama ve değerlendirilmesinde yararlanılan bir karar verme yöntemidir. Bulanık nitelikteki durum ve olaylarda TOPSIS yönteminin kullanılması halinde insan yargı ve düşüncelerini çözüme yansıtma mümkün olmamaktadır. Bulanık TOPSIS; karar problemlerinde bulanık ortamlarda karar verilebilmesine imkân vermektedir. Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerinde alternatiflerin sıralaması yapılırken Q ve yakınlık katsayısı (CC_i) indeksinin değerlerine bakılır. VIKOR yönteminde Q_i indeksinin “0” değerine yakın

olması, TOPSİS yönteminde ise CC_i 'nin "1" değerine yakın olması istenir. Yöntemin uygulanması sırasında karar vericiler, karar kriterleri ve alternatiflerle ilgili değerlendirmelerini dilsel olarak ifade ederler. Karar vericilerin kriterler ve alternatiflerle ilgili değerlendirmeleri bulanık sayılara dönüştürülerek alternatifler için yakınlık derecesi hesaplanır. Hesaplanan yakınlık katsayıları yardımıyla alternatifler sıralanarak çözüm ortaya konur. Çalışmada kullanılan alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel ifadeler ile karşılık gelen ilgili bulanık sayıları Çizelge 7'de sunulmuştur (İncekara 2020).

Çizelge 7. Değerlendirilmede Kullanılan Sözel Değişkenler ve ilgili Bulanık Sayısı

Dilsel Değişken	İlgili Bulanık Sayı
Çok Kötü	[0,0,1]
Kötü	[0,1,3]
Biraz Kötü	[1,3,5]
Orta	[3,5,7]
Biraz İyi	[5,7,9]
İyi	[7,9,10]
Çok İyi	[9,10,10]

Çalışmada bulanık sayıların ağırlıklarını hesaplanmak için Bulanık TOPSIS yöntemi adımları aşağıda özetlenmiştir (İncekara 2020).

w_j^K için j nci karar kriterlerinin önem ağırlığı formül (9) ile gösterilmiştir.

$$\tilde{w}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{w}_{ij}^1 \oplus \tilde{w}_{ij}^2 \oplus \tilde{w}_{ij}^K] \quad (9)$$

X_{ij}^K nın i nci önem ağırlığı formül (10) ile gösterilmiştir:

$$\tilde{X}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{X}_{ij}^1 \oplus \tilde{X}_{ij}^2 \oplus \tilde{X}_{ij}^K] \quad (10)$$

Çok kriterli bir karar verme problemi formül (11) ile gösterilmiştir:

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}, \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2 \dots \tilde{w}_n] \quad (11)$$

Burada \tilde{x}_{ij} ve \tilde{w}_j dilsel değişkenlerdir. $A_1, A_2, A_3, \dots, A_m$, alternatifler, $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ karar kriterleri gösterir. Burada \tilde{W} bulanık matrisi ifade etmektedir, bulanık sayılar ise $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ dir. Bulanık karar matrisi oluşturulur, sonrasında formül (12) ile gösteren normalize edilmiş karar matrisi (bulanık) elde edilir:

$$\tilde{N} = [\tilde{n}_{ij}]_{p \times r} \quad i=1,2, \dots, p \quad j=1,2, \dots, r \quad (12)$$

Normalize edilmiş karar matrisi (bulanık) hesaplanması; formül (13 ve 14) ile gösterilmiştir.

$$\tilde{n}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right), \quad c_j^+ = \max c_{ij} \quad (13)$$

$$\tilde{n}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), \quad a_j^- = \min a_{ij} \quad (14)$$

Formülden de görüleceği gibi normalize edilmiş karar matrisinde (bulanık); bulanık sayı değerleri $[0,1]$ aralığındadır. Kriterlerin önem ağırlığı ile $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}$ şeklinde gösterilen (weighted) ağırlıklandırılarak normalize edilmiş karar matrisi hesaplanır (formül (8) ile).

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{n}_{ij} \cdot \tilde{w}_j \quad (15)$$

\tilde{V} matrisi hesabı; formül (16) ile gösterilmiştir.

$$\tilde{V} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_1 \tilde{n}_{11} & \cdots & \tilde{w}_r \tilde{n}_{1r} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{w}_1 \tilde{n}_{p1} & \cdots & \tilde{w}_r \tilde{n}_{pr} \end{bmatrix} \quad (16)$$

\tilde{V} matrisinin hesabından sonra pozitif ideal çözüm (bulanık) A^+ ile negatif ideal çözüm (bulanık) A^- hesaplanır:

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_r^+\}$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_r^-\},$$

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij3}\} \text{ ve } \tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij1}\} \quad (17)$$

$$i=1,2,3,\dots,p \text{ ve } j=1,2,3,\dots,r$$

ile hesaplanır. Formül (17) ile hesaplanan A^+ ve A^- dan sonra d uzaklıkların formül (18 ve 19) ile hesabı yapılır.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+); i=1,2, \dots,p \quad (18)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-); i=1,2, \dots,p \quad (19)$$

Vertex metodu kullanılarak ideal çözüme yakınlıkları hesaplanır. İki üçgen bulanık sayı olan $\tilde{A}=(a_1,a_2,a_3)$ ve $\tilde{B}=(b_1,b_2,b_3)$ arasındaki uzaklık(d) hesaplanması; formül (20) ile gösterilmiştir.

$$d_v(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (20)$$

Alternatifler arasında karşılaştırma yapılabilmesi için yakınlık katsayıları(CC) hesaplanması; formül (21) ile gösterilmiştir (Chen et al. 2006).

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (21)$$

Alternatifler için yakınlık katsayısı CC_i değerlerine göre sıralanarak karar verilir.

3.3. Bulanık VIKOR Yöntemi

Vikor yöntemi, Opricovic (1998) tarafından çok ölçütlü kompleks sistemlerin optimizasyonu için geliştirilen Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden biridir. Yöntemin amacı; alternatiflerin sıralanması ve seçimi aşamasında, maksimum grup faydası (çoğunluk kuralı ile) ve minimum bireysel pişmanlığı sağlayarak uzlaştırıcı çözüme ulaşmaktır. VIKOR Yöntemi; alternatifler arasından yapılan seçim sürecinde nihai karar üzerinde birden fazla kriterin dikkate alınması zorunluluğunun olduğu haller için önerilmektedir (Opricovic ve Tzeng 2004). Bulanık küme teorisinin VIKOR yöntemine uygulanma sonucu oluşan bulanık VIKOR yöntemi, bulanık çevrede nihai karar üzerinde belirleyici olan ve birbirleriyle çatışan farklı kriterlerin olması durumunda kullanılması uygun olan bir yöntemdir. Söz konusu bu yöntem; bulanık bir ortamda, kriter ve ağırlıklarının her ikisini de bulanıklaştırmaktadır (Opricovic 2011). Opricovic ve Teng (2004) tarafından kullanılan çalışmada kullanılan formüller aşağıda sunulmuştur. Çok Kriterli Karar Verme problemlerinde bulanık VIKOR yönetimi kullanıldığında; problemin çözümünde aşağıda adımlar takip edilir:

Adım 1: “n” sayıda uzman kişiden oluşan bir karar verici grubu oluşturulur.

Adım 2: “k” adet değerlendirme kriteri ve “m” adet alternatif belirlenir.

Adım 3: Bu adımda kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesi için uygun dilsel değişkenler belirlenir. Kriter ağırlıklarının ve alternatiflerin önem derecelerinin belirlenmesi için kullanılan dilsel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık sayılar Çizelge 8’de gösterilmiştir.

Çizelge 8. Değerlendirilmede Kullanılan Dilsel Değişkenler ve Bulanık Sayı Değerleri

Kriter Ağırlıkları için Dilsel Değişkenler		Alternatiflerin Derecelendirilmesi için Dilsel Değişkenler	
Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar	Dilsel Değişkenler	Bulanık Sayılar
Çok Düşük (ÇD)	(0.00, 0.00, 0.10)	Çok Kötü (ÇK)	(0.00, 0.00, 1.00)
Düşük (D)	(0.00, 0.10, 0.30)	Kötü (K)	(0.00, 1.00, 3.00)
Orta Düşük (OD)	(0.10, 0.30, 0.50)	Orta Kötü (OK)	(1.00, 3.00, 5.00)
Orta (O)	(0.30, 0.50, 0.70)	Orta (O)	(3.00, 5.00, 7.00)
Orta Yüksek (OY)	(0.50, 0.70, 0.90)	Orta İyi (Oİ)	(5.00, 7.00, 9.00)
Yüksek (Y)	(0.70, 0.90, 1.00)	İyi (İ)	(7.00, 9.00, 10.00)
Çok Yüksek (Y) ((0.90, 1.00, 1.00)	Çok İyi (Çİ)	(9.00, 10.00, 10.00)

Adım 4: Her bir kriterin ve alternatifin bulanık ağırlıkları formül (22) ve (23) ile eşitlikler yardımıyla hesaplanır. Eşitliklerdeki “n” gruptaki karar verici sayısını ifade etmektedir.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{n} \left[\sum_{y=1}^n \tilde{w}_j^y \right], j = 1, 2, \dots, k \quad (22)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{n} \left[\sum_{y=1}^n \tilde{x}_{ij}^y \right], i = 1, 2, \dots, m \quad (23)$$

\tilde{x}_{ij} , “j” kritere göre; “i” alternatifinin derecesi ve \tilde{w}_j ise; “j” kriterinin önem ağırlığıdır.

Adım 5: Formül (24) ve (25) yardımıyla problemin bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \dots & \tilde{x}_{ij} \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (24)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2 \dots \tilde{w}_n] \quad (25)$$

Burada \tilde{x}_{ij} , j. kritere göre i. alternatifin derecesi ve \tilde{w}_n ise n.kriterin önem ağırlığıdır.

\tilde{D} ise bulanık karar matrisini ifade etmektedir.

Adım 6: Tüm kriter fonksiyonlarının, bulanık en iyi ve en kötü değerleri belirlenir ($i=1,2,\dots,n$). Formül (26) ile eşitliğin en iyi, formül (27) ile eşitliğin en kötü değerlerin hesaplanması için kullanılmaktadır.

$$\tilde{f}_i^* = \max_j x_{ij} \quad (26)$$

$$\tilde{f}_i^- = \min_j x_{ij} \quad (27)$$

Adım 7: \tilde{S}_j ; Formül (28) ile ve \tilde{R}_j ; formül (29) ile $j=1, 2, \dots, n$ için hesaplanır.

$$\tilde{S}_j = \sum_{i=1}^m [\tilde{w}_i (\tilde{f}_i^* - x_{ij}) / (\tilde{f}_i^* - \tilde{f}_i^-)], \quad (28)$$

$$\tilde{R}_j = \max_i [\tilde{w}_i (\tilde{f}_i^* - x_{ij}) / (\tilde{f}_i^* - \tilde{f}_i^-)] \quad (29)$$

Burada \tilde{w}_i kriterlerin ağırlığını ve önemini ifade ederken, \tilde{S}_j , “i” alternatifinin bütün kriterlere en iyi bulanık değerlere uzaklığının toplamını, \tilde{R}_j değeri ise “j.” kritere göre “i” alternatifinin, bulanık en kötü değerlere maksimum uzaklığıdır.

Adım 8: Maksimum grup faydasını ifade eden $\tilde{S}_j, \tilde{S}_j^*$: Formül (30) ile, $\tilde{R}_j, \tilde{R}_j^*$: Formül (31) ile ve \tilde{Q}_i : Formül (32) ile; ilgili değerleri hesaplanır.

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i, \tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i \quad (30)$$

$$\tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i, \tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i \quad (31)$$

$$\tilde{Q}_i = v \frac{\tilde{S}_i - \tilde{S}^*}{(\tilde{S}^- - \tilde{S}^*)} + (1 - v)(\tilde{R}_i - \tilde{R}^*) / (\tilde{R}^- - \tilde{R}^*) \quad (32)$$

\tilde{S}^* ; uzlaştırıcı çoğunluk kuralını ve \tilde{R}^* ise farklı görüştekilerin minimum bireysel pişmanlığını ifade etmektedir. Bu hesaplamalardan sonra \tilde{Q}_i indeksi elde edilir; bu indeks grup faydası ile bireysel pişmanlığın birlikte değerlendirilmesi ile hesaplanır. “v” değeri ise, kriterlerin çoğunluğunu veya maksimum grup faydasını ($v = 0.5$) sağlayan stratejinin önemine dikkat çekerken, “1-v” bireysel pişmanlık değerine karşılık gelmektedir (Opricovic 2011).

Adım 9: Üçgensel bulanık sayılar durulaştırılır ve alternatifler “ \tilde{Q}_i ” indeksine göre sıralanır. Bu indeksin, en küçük değeri en iyi alternatifi gösterir. Bu çalışmada, Hsieh (2004) tarafından önerilen formül (33) eşitliğinde verilen BNP (Best Nonfuzzy Performance Value) durulaştırma yöntemi kullanılmıştır.

$$BNP_i = [(u_i - 1) + (m_i - l_i)] / 3 + l_i \quad (33)$$

Adım 10: Uzlaştırıcı çözümü belirlemek için aşağıda belirtilen iki koşulun uygunluğu kontrol edilir.

1.Koşul: Kabul edilebilir avantaj

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (34)$$

$DQ = 1 / (m-1)$ (eğer $m \leq 5$ ise $DQ=0.25$); m alternatif sayısını ifade eder.

2.Koşul: Karar vermede kabul edilebilir istikrar Alternatif a', S ve/veya R değerlerine göre yapılan sıralamada en iyi alternatif olmalıdır.

Eğer 1. koşul sağlanmaz ve $Q(a^{(m)}) - Q(a') \leq DQ$ olursa, $a^{(m)}$ ve a' aynı uzlaştırıcı çözüm olur.

Eğer 2. koşul kabul edilmez ve her ne kadar (a')nın nispi bir avantajı olsa da, karar vermede tutarsızlık vardır. Bundan dolayı (a') ve (a'')nın uzlaştırıcı çözümleri ayrıdır.

Adım 11: “Q” değeri minimum olan en iyi alternatifi seçilir.

Çalışmada Bulanık-AHP, Bulanık-TOPSIS ve Bulanık-VIKOR yöntemlerinin ilgili hesaplamalarında MATLAB programı kullanılarak yapılmıştır.

3.4. Uygulama: Sigorta Sektöründe Çalışan Şirketlerde “Deprem Sonrası Hasar Değerlendirme” Formunun Oluşturulması Kapsamındaki Faaliyetler

Çalışmada Bulanık AHP ile Bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılarak; bir karar destek sistemi önerilmiştir. Çalışma deprem sonrası acil hasar tespit ve kullanılabilirlik araştırması yapacak personelin/uzmanların sık gözlenen hasarları tanınması, bunların nedenleri ve oluşum mekanizmalarını bilmesi, yapı güvenliğini ne düzeyde etkileyebileceğini tahmin etmesi isabetli karar vermesine yardımcı olacaktır. Sigorta sektöründe çalışan uzman, müdür, yönetici, mühendis ve üniversitelerde çalışan deprem ve hasarları konusunda uzman öğretim görevlisi olarak çalışanlar (KV) ile bir anket çalışması yapılmıştır. Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR kullanılarak araştırılmış, değerlendirilmiştir. Çalışmada; karar vermede etkili olan kriterlerin önem ağırlıkları Bulanık AHP ile belirlenmiş, alternatiflerin sıralaması ise Bulanık TOPSIS yöntemi ile yapılmıştır. Çalışmada KV; 53 kişi ile görüşülerek çalışmanın kriter/alt kriterleri (21 ana kriter/75 alt kriter) belirlenmiştir. Çalışma kapsamında oluşturulan 21 ana kriterler ve 75 alt kriterleri değerlendirmek için sigorta uzmanı 86 kişiye yönelik bir anket çalışması (dilsel ifadelerin yer aldığı bir anket çalışması) yapılmıştır. Bulanık AHP (sözel karşılaştırma matrisi oluşturulmuş, değerlerin ortalaması alınmış, bulanık üçgen sayıların geometrik ortalaması bulunmuş, bulanık ağırlık değerleri hesaplanmış, durulaştırılmış, son aşamada normalize edilmiştir) ve Bulanık TOPSIS yöntemleri (kriterler KV’ler vasıtasıyla öncelikleri değerlendirilmiş bulanık sayılara dönüştürülmüş, yakınlık katsayısı hesaplanmış, hesaplanan yakınlık katsayıları yardımıyla alternatifler sıralanarak çözüm hesaplanmıştır) kullanılarak doldurulan anketler ve görüşmeler neticesinde değerlendirilmiştir. Çalışmada Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak, en uygun seçim kararının alınması hedeflenmiştir.

Çalışma kapsamında ilk olarak tespit edilen kriterler Bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış, sonrasında Bulanık TOPSIS yöntemi ile çözümün alternatif çözümleri ideal çözüme yakınlık değerleri hesaplanarak, çözümlerin öncelik ilişkisi değerlendirilmiştir. Söz konusu alternatifler için ideal çözüm tablosu oluşturulmuş Bulanık TOPSIS yöntemi kullanarak alternatifler sıralanmış ve “Deprem sonrası hasar değerlendirme formu” oluşması için kontrol listesi maddeleri (önem sırasına göre) oluşturulmuştur. Çalışmada uzman KV’lerin değerlendirmeleri sonucunda sigorta şirketlerinin, sigorta eksperlerinin deprem hasarlarını incelemeleri/değerlendirmeleri için “Deprem sonrası hasar değerlendirme” formunu oluşturmak için KV’ler tarafından tespit edilen kriterler (C) ve alt kriterler (CA) aşağıda sunulmuştur.

C1. Bina Dış Cephesinin Durumu: Bina dış cephesinin genel hasar durumu incelenir, sıva ve duvarlarındaki hasar durumu (CA) incelenir. Betonarme yapılarda depremin oluşturduğu ilk çatlaklar sıva çatlaklarıdır. Daha sonraları betonarme çerçeve ile dolgu duvarları arasında yüzeylerde sıva çatlakları oluşmaktadır. Bu çatlaklar önce kiriş ile dolgu duvarın üst yüzeyi arasında meydana gelir. Sonraları dolgu duvar ile kolon arasında çatlaklar görülmeye başlar. Çatlaklar bu düzeyde kalmış ise genellikle yapı taşıyıcı sisteminde bir hasar yoktur. Bu çatlaklar V-VI Richter şiddetindeki depremlerde oluşur. Ayrıca sıvalarda köşe çatlaklarına rastlanır. Duvarlarda mevcut olan boruların üzerindeki sıvalar da boru doğrultularında çatlayabilir. Daha şiddetli depremlerde duvarlar da çatlamaya başlar ve duvarlarda X biçimli çatlaklar meydana gelir. Eğer, yapıda gözlenen hasar yalnızca sıva çatlaklarından ibaret ise taşıyıcı sistemde hasar olmadığı kabul edilebilir. Sıva çatlaklarından sonra ikinci aşamada gözlenen hasar türü dolgu duvar hasarıdır. Bu tür hasar düşük dayanımlı malzemelerle örülmüş duvarlarda daha çabuk ortaya çıkar. Tuğla duvarlarda hasar tuğlanın cinsine göre değişkenlik gösterir. Taşıyıcı çerçeveden ayrılmaları takiben duvarda kısaca X-şeklinde tarif edilebilecek çatlak ve yer yer sıvada dökülmeler görülür. Çatlak genişliği arttıkça duvardan parça kopmaları ve kırılıp dökülen parçalar olabilir. Çerçeve tarafından tam olarak sarılmamış dolgu duvarlarında duvarın bir tarafa kayarak devrilmesi de mümkündür. Dolgu duvarlarda ileri düzeyde hasar gözleniyorsa yapının taşıyıcı sisteminde de hasar olması mümkündür. Büyük depremlerde kolonlarda gözlenen mafsallaşma aşırı yüklü kolonlarda başlar. Dolgu duvarında hasarın ileri bir düzeye ulaşması ile birlikte mafsallaşma yapının zemin kat kolonlarına yayılır ve aşırı yüklü kolonlarda en üst düzeye ulaşır. Duvarlardaki pencere ve kapı boşluklarının varlığı da çatlama mekanizması etkiler ve çeşitli çatlama formlarının oluşmasına neden olur. Dolgu duvarlar betonarme

çerçeve tarafından tüm olarak sınırlandırılmış ise, duvar kayabilir veya burulma etkisi altında kalabilir.

C2. Binanın Taşıyıcı Sistemin Tipi: Binanın taşıyıcı sistemin tipi (yığma, betonarme, çelik...) bu kriter kapsamında değerlendirilmiştir. Binanın taşıyıcı sistemi deprem kuvvetleri altında binanın dayanım derecesini belirler. Şöyle ki; çelik binalar deprem kuvvetlerine daha çok dayanır.

C3. Dış Duvarlardaki Hasarların/Çatlakların Durumu: Binanın dış duvarlarındaki çatlakların durumu bu kriter altında değerlendirilmiştir. Bina taşıyıcı sisteminde ve duvarlarında görülen her türlü hasar titizlikle incelenmesi gerekmektedir. Bu hasarlar yapının veya taşıyıcı elemanın taşıma gücünün azaldığına işarettir. Söz konusu hasarlar, kolon, kiriş, betonarme perde duvar, birleşim yerleri, döşeme ve temel gibi ana elemanlarda ve sistemin bütününde gözlenen hasarlar olarak sınıflandırılır.

C4. Kolon Hasarlarının/Çatlaklarının Durumu: Binanın kolon çatlaklarının durumu bu kriter altında değerlendirilmiştir. Kolon hasarının nedeni; depremin eğilme, kesme, burulma gibi etkilerin biri veya birkaçı aynı anda kolonda meydana gelen hasardır. Yön değiştiren eğilme momentleri ya da kesme kuvvetleri nedeniyle oluşan hasarlar en sık rastlanan türdür. Birleşim yerlerinde ve kolon sargı bölgesinde yeterli sargı donatıları yoksa çekirdek betonu kolayca ezilip parçalanır, kolon boyuna donatıları burkular. Böylece kolon, taşıması beklenen yükleri taşıyamaz hale gelir. Kolon uçlarında ileri düzeyde mafsallaşma varsa (etriyeler açılmış, beton parçalanarak kısmen dağılmış, boyuna donatılar açılıp bükülmüşse) kolonun eğilme ve kesme kuvveti taşıma gücü önemli ölçüde azalmış demektir. Deprem esnasında kolonlara gelen kesme kuvvetini karşılayacak yeterli etriye yoksa kolonda ani ve gevrek kırılma meydana gelebilir. Kolonlarda yaygın, genişlemiş kesme çatlakları ağır hasarın varlığına işarettir. Doğru yerleştirilmiş donatı, çatlağın genişlemesini önleyerek kılcal düzeyde kalmasını sağlar.

Betonarme yapılarda kolonlar kirişlerden daha zayıf yapıldıklarından ya da kirişlerin döşeme ile birlikte çalışması sonucu, tasarlanandan daha yüksek taşıma gücüne sahip olması nedeniyle, çerçeve hasarı daha çok kolonlarda olmaktadır. Deprem enerjisi kolonun rijit ek yerinin mafsallı ek yerine dönüşmesi ile tüketilmektedir. Betonarme çerçeve hasarı önce dolgu duvar hasarı, bu hasarın biraz ilerlemiş aşamasında kolon uçlarında çekme ve basınç hasarı ve daha sonraki aşamalarda da kolon uçlarının mafsallaşması ile gelişmektedir. Depreme dayanıklı yapılmış ve uçlarında etriye sıklaştırılması olan betonarme kolonda bu tür hasarın en şiddetli depremde sırada gösterilecek olan şekildeki düzeyde kalması beklenmektedir.

Depreme dayanıklı yapıda mafsallaşma hasarı kabuk betonunda çatlak ve hafif dökülme düzeyinde kalmalıdır. Daha ileri düzeyde mafsallaşma hasarı yapının stabilitesinin bozulmasına yol açan yatay ötelemeler oluşturur ve ikinci mertebeden ek momentlerin ortaya çıkmasıyla yapı hızla yıkılabilir. İleri düzeyde bir mafsallaşma hasarı sonucu parçalanıp dökülen betonun kesme kuvveti taşıma gücü de azalacaktır, etriyelerin açılması da kesme kuvveti taşıma gücünü azaltacaktır.

C5. Kiriş Hasarlarının/Çatlaklarının Durumu: Binanın kirişlerindeki çatlakların durumu bu kriter altında değerlendirilmiştir. Kirişlerde genellikle eğilme ve kesme çatlakları görülmektedir. Kiriş mesnet momentlerine deprem sırasında eklenen tersinir momentlerle birlikte çok büyük bileşke momentleri ortaya çıkabilir. Eğilme momentlerinden ileri gelen çatlaklar çoğunlukla mesnetlerin üst yüzünde ve açıklıkta kesitin alt yüzünden üst yüzüne doğru eğilme çatlağı olarak kendini gösterir. Mesnet bölgesinde görülen kesme çatlakları moment çatlakları ile karıştırılmamalıdır. Kesme çatlakları kiriş uçlarında yaklaşık 45 derecelik bir açı ile kirişi alt yüzden üst yüze doğru keserken negatif momentten kaynaklanan çatlaklar kesit üst yüzüne yakın çekme bölgesinde oluşur. Beton dayanımı düşükse ve kesitte yeterli enine donatı yoksa kesme çatlakları kolayca kendini gösterir ve büyür.

C6. Perde Duvar Hasarlarının/Çatlaklarının Durumu: Binanın perde duvarlarındaki çatlakların durumu bu kriter altında değerlendirilmiştir. Binanın perde duvarlarında eğilme göçmesi, kesme kuvveti göçmesi ve toptan göçme olmak üzere üç adet tipik göçme şekli mevcuttur. Bunlardan yalnız

eğilme göçmesi sünek olup diğer ikisi gevrektiler. Bu türlerin dışında temelde eğilme momentinin karşılanamamasından dolayı dördüncü bir tür olarak toptan göçme türünden de bahsedilebilir. Perde duvarlarda gözlenen hasar türleri öncelikle yükseklik/genişlik oranına bağlı olarak ortaya çıkar. Kısa perdelerde (yükseklik < genişlik) kesme kuvveti etkisi baskındır. Gözlenen çatlaklar da bu oluşuma uygun olarak kesme kuvvetinden ortaya çıkar. Az-katlı perdeli yapılarda genellikle perde yüzeyinde yatayla yaklaşık olarak 45 derece eğim yapan kesme çatlakları görülür. Çok katlı perdeli yapılarda, çoğunlukla alt katlardaki perdelerde eğilme çatlakları göze çarpar. Perdenin çekme gerilmesi alan tarafında geniş çekme çatlakları, basınç gerilmesi alan tarafında küçük basınç çatlakları ve betonda ezilmeler görülür. Perde yüzeyinde eğik çekme çatlakları, kesme çatlakları, moment çatlakları birbirinden kolayca ayrılabilir. Eğik çekme çatlakları perdeyi boydan boya bir X biçiminde keserken, eğilme momenti çatlakları perdeyi bir uçtan diğer uca birbiriyle paralel veya ona yakın kesen birkaç çatlak biçiminde görülür. Kesme ve basınç çatlakları birlikte oluşmuşsa, esas itibariyle eğik çekme çatlaklarına benzeyen, biraz daha yaygın, dallı budaklı bir görünüm oluşur.

C7. Binanın Yanal Öteleme Yapma Durumu: Binanın yanal öteleme yapma durumu değerlendirilmiştir. Binanın deprem kuvvetleri altında yan yatması, gönyesindeki kayıklık tespit edilir/ölçülür.

C8. Binanın Komple Oturma Durumu: Binanın oturma yapma durumu değerlendirilmiştir. Binanın depremden dolayı oturma yapması tespit edilir/ölçülür.

C9. Binada Lokal Kolon Oturma Durumu: Oturan bir kolon kirişlerde yaptığı oturma hasarı çatlakları görülür. Oturan bir kolon, kirişlerde oturma çatlakları oluşturur, kolonları birbirine bağlayan kiriş uçlarında mafsallaşma oluşur. Oturma hasarı ile kolonları birbirine bağlayan kirişlerin uçlarında mafsallaşma olur ve kesme çatlakları oluşur.

C10. Bina Çevresinde Geoteknik Hasarların Durumu: Bina çevresinde geoteknik hasarların durumu bu kriter altında değerlendirilecektir. Yer üstündeki deprem hasarları tespit edilecektir.

C11. Bina Temelinde Sıvılaşma/Zemin Durumu: Depremin enerjisinin iletilmesi zeminin koşullarına göre farklı olur. İyi zeminlerde (granit, vb.) yutulur, kötü zeminlerde (alüvyon, vb.) ise büyür. Buna bir skala verilecek olunursa zemin koşulları, depremin şiddetini yaklaşık bir derece artırabilir. Depremin oluşturduğu titreşimlerin etkisiyle gevşek, suya doymun durumdaki taneli zeminlerin taşıma kapasitelerini kaybederek sıvı gibi davranış göstermesine zemin sıvılaşması denilmektedir. Zemin sıvılaşma sonucu zemin yarı sıvı gibi davranmaya başlar ve zemin üzerinde bulunan nesnelere (binanın temelleri) zeminin içine gömülür, binalar belirgin şekilde bir tarafa doğru yatar hatta devrilir veya hafif yapılar da yukarı doğru hareket ederek yüzme eğilimi gösterebilir. Sadece doymun zeminlerde meydana gelen bu olaya en çok nehir, körfez veya diğer su birikintileri yakınında rastlanmaktadır. Bina temelinin altında zeminin sıvılaşma durumu incelenecektir/değerlendirilecektir.

C12. Binalar Arası Yeterli Derz Aralığı Durumu: Binalar arası yeterli derz aralığı durumu bu kriter altında değerlendirilmiştir. Binalar arası yeterli derz aralığı yoksa çekiçleme etkisi oluşacaktır. Aralarında yeterli derz aralığı bırakılmamış bitişik nizam binalar, devrilmeye karşı daha rijit olanının deprem etkisi altında, kendisinden daha az rijit komşu binaya salınım boyunca vura vura hasar verir. Eğer iki binanın kat yükseklikleri (döşemeleri) aynı değilse bir bina diğer binayı yıkabilir.

C13. Kısa Kolon Hasarı Durumu: Kısa kolon hasarı; kolonda kesme kırılması hasarıdır. Çeşitli nedenlerle kolonun boyu projede öngörülenden küçükse ya da taşıyıcı olmayan elemanlar, bölme duvarı, lento vb. gibi elemanların kolonun yatay deformasyon yapmasını önlemesi sonucu kolon öngörülenden daha rijitse beklenenden büyük kesme kuvveti ile zorlanır. Bu durum kolonda beklenenden daha büyük kesme kuvvetine sebep olarak; kolonda kesme kırılmasına yol açar.

C14. Döşeme Hasarları Durumu: Döşemeler yapılarındaki alanları kapatarak, etkiyen düşey yükleri kenardaki perde, kiriş veya kolonlara aktaran düzlemsel elemanlar olup, deprem etkisi gibi yatay yükleri de bir düşey elemana aktarma görevini üstlenirler. Döşemeler deprem yüklerine karşı yüksek rijitlikleri nedeniyle deformasyon yapmazlar ve yatay yükleri kolon ve perdeler rijitlikleri oranında

aktarırlar. Bu yüzden döşemelerdeki hasarlar deprem yüklerinin aktarılmasını engelleyeceği için deprem sonrası döşeme hasalarının tespit edilmesi gerekmektedir.

C15. Depremiň Şiddeti: Şiddet, herhangi bir derinlikte olan bir depremin, yeryüzünde bir noktadaki gücünün ölçüsü olarak tanımlanır. Depremin şiddet değerinin belirlenmesinde: Episantra olan uzaklığın ve yakınlığın, yerel zemin koşullarının ve farklı tipteki yapı özelliklerinin etkisi olmaktadır. Diđer bir ifadeyle Depremin Şiddeti; onun yapılar, dođa ve insanlar üzerindeki etkilerinin ölçüsüdür. Depremin şiddetini belirlemek için bugüne kadar kullanılan deprem şiddet çizelgeleri, insanların algılarına ve izlenen fiziksel hasarlara dayandığından sübjektif bir değer taşımaktadır. Deprem olduğunda, bu depremin herhangi bir noktadaki şiddetini belirlemek için, o bölgede meydana gelen etkiler gözlenir. Bu gözlemler Şiddet Cetvelinde hangi şiddet derecesi tanımına uygunsa, depremin şiddeti, o şiddet derecesi olarak değerlendirilir. Mercalli cetveli veya geliştirilmiş/değiştirilmiş Mercalli şiddet  leđi ile depremin şiddeti değerlendirilir. Geliřtirilmiř/değiştirilmiş Mercalli şiddet  leđine göre V ve üzeri olan depremler binada hasar oluşturmaya başlar. IV şiddetli deprem bina duvarlarında ince sıva çatlakları oluşturabilir.

C16. Depremin Magnitüd (Büyüklük): Magnitüd, deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Enerjinin doğrudan doğruya ölçülmesi olanağı olmadığından, Amerika Birleşik Devletlerinden Prof. C. Richter tarafından 1930 yıllarında ileri sürülen bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü olan Magnitüd, tanımlanmıştır. Prof. Richter Episantrdan 100 km. uzaklıkta ve sert zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla (2800 büyütmeli, özel periyodu 0.8 saniye ve %80 sönümü olan bir Wood-Anderson Torsiyon Sismograf) kaydedilen zemin hareketinin mikron cinsinden (1 mikron 1/1000 mm)  l len maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritmasını depremin magnitüdü olarak tanımlamıştır. Magnitüd Değerleri, aletsel ve gözlemsel olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Depremlerin şiddet ve magnit dleri arasında birtakım ampirik bağıntılar vardır ve bu bağıntı izelge 2’de sunulmuştur.

C17. Deprem Odak Noktası (Hiposantr): Odak noktası (Hiposantr) kırılmanın başladığı yer olup, depremde enerjinin açığa çıktığı yer kabuğu içindeki noktadır. Buna i merkezde denir. Gerçekte enerjinin ortaya çıktığı bir nokta olmayıp, bir alandır. Pratik uygulamada nokta olarak kabul edilmektedir.

C18. Deprem Dış Merkezi (Episantr): Episantr, yer içindeki odak noktasının yeryüzündeki izdüşümü olarak tanımlanır. Diğer bir ifade ile odak noktasına, en yakın olan yeryüzündeki noktadır. Burası depremin en kuvvetli hissedildiği ve en çok hasar yaptığı noktadır. Burası bir noktadan çok bir alandır. Depremin Dış Merkez alanı depremin şiddetine bağlı olarak çeşitli büyüklüklerde olabilir.

C19. Depremin Odak Derinliği: Depremin odak derinliği bu maddede değerlendirilmiştir. Deprem enerjisinin açığa çıktığı noktanın yeryüzünden olan en kısa uzaklığına depremin odak derinliği denir. Diğer bir ifadeyle hiposantr ve episantr arasındaki düşey uzaklıktır. Sığ depremler dar bir alanda hissedilirken bu alan içinde çok büyük hasar yapabilir. Sığ depremler aynı şiddetteki orta ve derin depremlere göre daha çok yıkıcıdır.

C20. Depremin İvmesi, Titreşimi ve S resi: Depremin ivmesi ve süresi bu maddede değerlendirilmiştir. Depremin şiddeti dışında ivmesi, titreşimi ve süresi de bir başka kriterdir. Depremin süresi uzadığa ve ivmesi artığa daha çok yıkıcı olur. şöyle ki; aynı şiddetteki iki depremden süresi uzun olan binaya daha çok zarar verir.

C21. Depremin Atım Y n : Depremin yönü bu maddede değerlendirilmiştir. Depremin şiddeti dışında depremin atım yönü de bir başka kriterdir. Depremin atım yönü tarafındaki binalar üzerinde daha çok yıkıcı olur, daha çok zarar verir.

Çizelge 6’da verilen bulanık ikili karşılaştırma  leği kullanılarak uzman karar vericilerin yaptığı değerlendirmelere göre ana kriter ve alt kriterlerin önem ağırlıkları Bulanık AHP yöntemine göre hesaplanmıştır. Çizelge 6’da yer alan ana amaca göre ikili karşılaştırmalar matrisindeki bulanık değerler; Bulanık AHP yöntemine göre (Denklem (1)...(9) kullanılarak) hesaplanmıştır. Bulanık ikili karşılaştırma matrisleri elde edildikten sonra Bulanık AHP yöntemi ile tüm kriterlerin önem

ağırlıkları elde edilmiştir. Bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış, kriterler içinde “Binanın Taşıyıcı Sistemin Tipi” önem ağırlığı (0,117 ile) en fazla olan kriter olmuştur. Önem ağırlığı 0,103 ile ikinci kriter “Kolon Hasarlarının/Çatlaklarının Durumu”, 0,091 ile üçüncü kriter “Deprem Şiddeti” olmuştur.

Bulanık AHP ile elde edilen kriter ağırlıklarına göre Bulanık TOPSIS yöntemi ile KV’ lerle görüşülerek oluşturulan 21 kriter değerlendirilmiş, kriterler arasında sıralama ve seçim gerçekleştirilmiştir. Bulanık VIKOR ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin ilk beş aşaması, karar vericilerin oluşturulması, alternatiflerin ve değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi, kriter ağırlıkları ve alternatifler için dilsel değişkenlerin belirlenmesi, bulanık ağırlıkların hesaplanması, bulanık karar matrisinin oluşturulması açısından aynı olmakla birlikte, altıncı aşamadan itibaren iki yöntem farklılaşmaktadır. Bulanık TOPSIS yönteminde yedinci aşamadan itibaren, normalize edilmiş bulanık karar matrislerinin elde edilmesi, ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinin hesaplanması, her bir alternatif için bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm arası uzaklığın hesaplanması, yakınlık katsayılarının hesaplanması, en uygun yakınlık katsayısına ait alternatifin seçilmesi aşamaları takip edilmekte iken, Bulanık VIKOR yönteminde yedinci aşamadan itibaren sırasıyla; tüm kriter fonksiyonlarının en iyi ve en kötü değerlerinin belirlenmesi, bulanık en iyi ve en kötü değerlere uzaklık değerlerinin hesaplanması, diğer hesaplamaların yapılması, bulanık sayıların durulaştırılması, kabul koşullarının kontrol edilmesi ve “Q” değeri en küçük alternatifin seçilmesi aşamaları izlenmektedir.

Sigorta sektöründe “Deprem sonrası hasar değerlendirme” formunun oluşturulması için etkili olan kriterlere göre KV’ lerin değerlendirilmeleri sırasında kullanılan sözel değişkenlerin bulanık değer karşılıkları hesaplanmıştır.

Kriterlerin minimum olabilirlik dereceleri belirlenerek; normalize ağırlık vektörü Denklem (8) ile hesaplanmıştır. Ana kriterler ve ilgili alt kriterlere ait hesaplanan önem ağırlıkları hesaplanmıştır.

Daha sonra bu kriter ağırlıkları kullanılarak sigorta sektöründe çalışan 5 sigorta eksperini (E1...E5) Çizelge 7’deki ölçeğe göre Bulanık TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmeleri yapılmıştır. Sigorta eksperlerinin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları ve bu değerlerle hesaplanan yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Yakınlık katsayısı 1’e en yakın değer en uygun ve aranan niteliklerdeki sigorta eksperini ifade ederken “0” değerine en yakın değer ise uygun olmayan sigorta eksperini ifade etmektedir.

Karar probleminin çözümünde Bulanık AHP ile kriterin önem ağırlıkları bulunduktan sonra Bulanık TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin bu kriterlere göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Sigorta eksperlerinin kriterlere göre KV’ler tarafından kriterler bazında değerlendirilmesinde kullanılan sözel değişkenlerin bulanık sayı olarak ifadelerine göre sigorta eksperlerinin değerlendirilmesi için bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

Bulanık karar matrisi denklem (13) kullanılarak normalize edilmiştir. Bulanık karar matrisinin normalize edilmesinden sonra karar kriterlerinin önem ağırlıkları ile çarpılmasıyla ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilmiştir. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinden pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm noktaları elde edilir. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinden elde edilen bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm noktaları denklem (17)’ e göre hesaplanmıştır.

Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm noktalarının belirlenmesinden sonra her alternatifin tüm kriterler için bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüme uzaklıkları hesaplanır. Bulanık sayıların arasındaki uzaklıkların hesaplanmasında sigorta eksperlerinin ilk kriterlere göre bulanık pozitif ideal çözümden ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıkları denklem (20)’ e göre hesaplanmıştır. Sigorta eksperlerinin diğer karar kriterleri içinde bulanık pozitif ideal çözümden ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıklarının aynı şekilde hesaplanması sonucu bulunan değerler hesaplanmıştır. Sigorta eksperlerinin bütün kriterler için bulanık pozitif ideal çözümden ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklıklarının bulunmasından sonra her 5 sigorta

eksperi için d_i^+ ve d_i^- değerleri hesaplanmıştır. Sigorta eksperlerinin yakınlık katsayıları sırasıyla denklem (21)' e göre hesaplanmıştır.

Bulanık VIKOR yönteminin çözümünde, tüm kriter fonksiyonlarının, bulanık en iyi formül (26) ve en kötü değerleri formül (27) no'lu formüllerle hesaplanmıştır. Sonraki adımda; formül (28) ve formül (29) formülleri kullanılarak her bir alternatifin en iyi bulanık ve en kötü bulanık değerlere uzaklıkları hesaplanmıştır. Maksimum grup faydası formül (30) ve minimum bireysel pişmanlık, formül (31) formülleri kullanılarak hesaplanmıştır. Son adımda uzlaşık çözüm veren \tilde{Q}_i formül (32) ile ilgili değerleri hesaplanır. Ayrıca bulanık sayılar durulaştırılarak formül (12); S_i , R_i ve Q_i indeks değerleri hesaplanmıştır. Bulunan indeks değerlerine göre alternatifler arasında küçükten büyüğe doğru bir sıralama yapılmıştır. İndeks değeri en küçük olan en iyi alternatifi göstermektedir. Bulanık VIKOR yöntemine göre; sigorta eksperleri-4 (E4) (inşaat mühendisi) birinci sırada ve E3 (inşaat mühendisi) ise ikinci sırada yer almıştır. E4 alternatifinin en iyi çözüm olup olmadığını test etmek için Adım 10 'da yer alan iki koşulun uygunluğu kontrol edilerek, kabul edilebilir avantaj koşulu ise formül (34) ile kontrol edilmiştir. E4 alternatifi kabul edilebilir avantaj koşulunu sağlamıştır.

Sigorta eksperlerinin değerlendirilmesi problemi bir sıralama ve seçim problemidir. Modelde öncelikle sigorta sektöründe çalışan 5 sigorta eksperleri için seçimde etkili olan ve daha önce belirlenen kriterler, karar verici tarafından dilsel yargılar ile değerlendirilmiştir. Daha sonra bu değerlendirmelerin bulanık sayı karşılıkları ile bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinden sonra sigorta eksperlerinin kriterlere göre dilsel değerlendirmeleri kullanılarak yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Belirlenen kriter ağırlıklarına göre sigorta eksperleri Bulanık TOPSIS yöntemi ile sıralanmıştır. Sigorta eksperlerinin yakınlık katsayıları hesaplanmıştır.

Bulanık TOPSIS yöntemi ile sigorta eksperlerinden 5' i için değerlendirme yapılmıştır. E1, E2 sigorta eksperleri bütün kriterler için en kötü puanlamaya sahip sigorta eksperleri olurken sırasıyla E3, E4 ise yüksek puanlamaya sahip sigorta eksperleri olmuştur. Söz konusu sigorta eksperleri içinden yakınlık katsayısı en yüksek olan (en uygun olan) sigorta eksperleri; 0,824 ile E4 (inşaat mühendisi), ikinci ise 0,638 ile E3 (inşaat mühendisi) olmuştur. Diğer adayların uzmanlık alanları/mezuniyetleri farklı olduğu için (farklı branşlarda 4 yıllık lisans mezunu oldukları için-iktisat, işletme, kamu...) yalnızca SEGEM kursunu alarak uzman/eksper olmuş kişiler olduğu için değerlendirmede kötü puan almışlardır.

Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerin sonuçları karşılaştırıldığında; her iki yöntemde de birinci sırada (en uygun-en iyi) E4 sigorta eksperleri (inşaat mühendisi), ikinci sırada E3 (inşaat mühendisi) çıkmıştır. Sonrasındaki sıralamada ise üçüncü ve dördüncü sırada E5, E2 (mimar) alternatiflerinin sıralamalarında bir değişiklik olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda her iki yöntemin uygulanması sonucunda E4 sigorta eksperinin seçilmesi uygun görülmüştür. Çalışmada Bulanık-TOPSIS yönteminin daha iyi-uygun sonuçlar verdiği görülmüştür.

4. SONUÇ

Ülkeler deprem zararlarından korunmak, depremlerden en az düzeyde etkilenmek amacıyla deprem kaynaklarının belirlenmesi ve bunların oluşturduğu afet tehlikelerinin en doğru şekilde ortaya konulması gereklidir. Diri faylar ana deprem kaynaklarıdır. Dünya üzerindeki jeolojik konumu nedeniyle ülkemizde çok sayıda diri fay bulunur, dünyada Türkiye depremlerin yoğun olduğu ülkeler listesindedir.

Ülkemizin %95'i önemli fay hatları üzerinde olduğundan ülkemiz deprem riski altındadır. Bu hatların en büyüğü olan Kuzey Anadolu Fay Hattı, dünyanın en aktif ve önemli kırık hatları arasında yer alır. Doğuda Karlıova ile batıda Mudurnu Vadisi arasında bir yay gibi uzanır. Uzunluğu yaklaşık 1.200 km'dir, genişliği ise 100 metre ile 10 km arasında değişir. Faya yakın depremler daha yüksek frekans ve daha yüksek ivmeye sahiptirler. Faya yakın depremlerin etken süresi daha az ama daha etkilidir.

Fay hattı yakınında bulunan büyük depremler; 1994 yılında Northridge, 1995 yılında Kobe ve 1999 yılında Chichi'dir. Bu depremler yoğun hasarlar oluşturmuştur. Bu depremlerin ağır yıkımı; fay hattı yakın olması, zemin parametreleri depremin davranışı belirlemiştir. Depreme dayanıklı tasarımı olmayan, standartlara uygun olmayan yapılar; depremde hasar görür veya yıkılır. Deprem ve zemin koşullarına göre tasarlanmış, projelendirilmiş ve projeye uygun inşa edilmiş yapılar; deprem şiddetine karşı gelecek deprem enerjisini tüketirler ve hasar görmezler veya can ve mal kaybını önleyecek ölçülerde hasar görebilirler.

Zorunlu Deprem Sigortası DASK, yaşadığınız binada depremin meydana getirdiği maddi zararları karşılamaya yönelik bir teminat sistemidir. Burada amaç; deprem sonrası ev sahiplerinin yaşamlarını/konforlarını deprem öncesindeki temel standartlarında devam edebilmesidir.

17 Ağustos 1999 depreminin ardından kurulan Doğal Afet Sigortalı Kurumu (DASK) tarafından sunulan Zorunlu Deprem Sigortası, deprem sırasında ya da deprem sonrasında binada oluşabilecek hasarları karşılamayı amaçlamaktadır. Deprem sonrasında vatandaşların yaşamının kaldığı yerden yeniden güvenle devam edebilmesini amaçlar. Zorunlu Deprem Sigortası ile deprem ve depremden kaynaklanan yangın, infilak, yer kayması ve tsunami risklerine karşı, sigortalı konut sahiplerine maddi güvence sağlar. İster oturulamaz durumda ister kısmî hasarlı olsun, bina zararını en hızlı şekilde tazmin ederek, ev sahiplerinin yaşamlarını en kısa sürede normal yaşamlarına döndürmeyi hedeflemektedir.

Çalışma kapsamında; ülkemizde sigorta sektöründe çalışan sigorta eksperleri için “Deprem sonrası hasar değerlendirme” formu oluşturması için çok-kriterli-karar-verme (ÇKKV) yöntemlerinden Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesinden (AHP) yönteminden faydalanılmıştır (ÇKKV yöntemleri içinde çok sık kullanıldığından bu yöntem seçilmiştir). Bulanık AHP yönteminde karşılaştırmalar Karar Vericiler (KV) yardımıyla uzmanların tecrübelerini yansıtmakta olup karar verme aşamasında seçim kriterlerini (kriterleri/alt kriterleri) birleştirme seçeneğini sunan bir yöntem olduğu için literatürde çok sık kullanılmaktadır. Çalışmada değerlendirmeler; sigorta sektöründe çalışan uzman, sigorta eksperleri, müdür, yönetici, mühendis ve üniversitelerde yapı mekaniği dalında çalışan deprem ve hasarları konusunda uzman öğretim görevlisi toplam 53 kişi ile (KV) doldurulan anketler (86 kişiye yönelik bir anket çalışması ile) ve görüşmeler neticesinde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemleri ile değerlendirilmiş ve ilgili form oluşturulmuştur. Oluşturulan form; sigorta eksperleri tarafından “Deprem sonrası hasar değerlendirme formu” kontrol listesi olarak kullanılacaktır.

Çok-kriterli-karar-verme (ÇKKV) yöntemlerinde; karar problemlerinin çözümünde nicel bilgi ve kriterler yanında nitel bilgi ve kriterler de kullanılmaktadır. Ancak problemlerin yapısı gereği karar vericilerin sübjektif değerlendirmeleri ve nitel bilgilerin bulunması halinde karar ortamı bulanıklaşmaktadır. Bulanık mantık ve bulanık küme teorisi kesin olmayan bulanık bilgilerin kullanılmasına ve matematiksel modeller kurulmasına imkân sağlamaktadır. Bir karar problemi olarak sigorta sektöründe çalışan 5 sigorta eksperleri için değerlendirmesi yapılmıştır. Sigorta eksperinin seçiminde nitel kriterlerin bulunması ve karar vericilerin sübjektif değerlendirmeleri nedeniyle belirsizlik ve bulanıklık içermektedir. Bu nedenle sigorta eksperinin seçiminde bulanıklık içeren kriterler bulanık mantık ve dilsel değişkenlerin kullanılması ile modellenerek karar sürecine katılmıştır. Önerilen karar destek modeli ile daha gerçekçi bir karar analizi yapılmıştır.

Çalışmada sigorta sektöründe çalışan sigorta eksperleri seçimi karar probleminin çözümü için Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir karar destek modeli önerilmiştir. Önerilen modelde sigorta eksperinin seçiminde etkili olan ana kriter ve alt kriterler dilsel değişkenler kullanılarak bulanık sayılar ile karşılaştırılmış ve önem ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonra KV'ler kriterlere göre sigorta eksperinin dilsel değişkenler kullanılarak bulanık sayılar ile değerlendirilmesi yapılmıştır. Bulanık TOPSIS yöntemi alternatifleri kendi arasında pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm noktalarını dikkate alarak değerlendirmiştir. TOPSIS yöntemi alternatifleri kendi aralarında değerlendirmektedir. Diğer bir ifadeyle en yakın ve en uzak geometrik uzaklıkları referans alarak çözümlene yapmaktadır. Dolayısıyla idealize çözümlere göre değerlendirme yapmak yerine hazırda bulunan alternatif değerleri kullanılmaktadır. Karar

probleminde alternatifler ideal pozitif çözüm ve ideal negatif çözüm noktalarına göre sıralanmıştır. Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerinde alternatiflerin sıralaması yapılırken Q ve yakınlık katsayısı (CC_i) indeksinin değerlerine bakılır. VIKOR yönteminde Q_i indeksinin “0” değerine yakın olması, TOPSIS yönteminde ise CC_i’nin “1” değerine yakın olması istenir. Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerine göre sigorta sektöründe çalışan 5 sigorta eksperinin her biri için hesaplanan yakınlık katsayılarına göre sigorta eksperler arasından seçim yapılmıştır. Çalışmada bulanık mantık kullanılarak bütünleşik bir karar destek modeli olarak kullanılan yöntemin nitel karar kriterlerinin bulunduğu bulanık karar modeli uygulanarak “Deprem sonrası hasar değerlendirme formu” oluşturulmuştur.

Çalışmada Bulanık AHP yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılmış, kriterler içinde “Binanın Taşıyıcı Sistemin Tipi” ağırlığı (0,117 ile) en fazla olan en önemli kriter olmuştur. Önem ağırlığı 0,103 ile ikinci kriter “Kolon Hasarlarının/Çatlaklarının Durumu”, 0,091 ile üçüncü kriter “Deprem Şiddeti” olmuştur. Bulanık TOPSIS yöntemi ile incelenen 5 sigorta eksperleri için değerlendirme yapılmıştır. E1, E2 sigorta eksperleri bütün kriterler için en kötü puanlamaya sahip sigorta eksperleri olurken sırasıyla E3, E4 ise yüksek puanlamaya sahip sigorta eksperleri olmuştur. Söz konusu sigorta eksperleri içinden yakınlık katsayısı en yüksek olan (en uygun olan) sigorta eksperleri; 0,824 ile E4 (inşaat mühendisi) ve 0,638 ile E3 (inşaat mühendisi) olmuştur.

Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemlerin sonuçları karşılaştırıldığında; her iki yöntemde de birinci sırada (en uygun-en iyi) E4 sigorta eksperleri (inşaat mühendisi), ikinci sırada E3 (inşaat mühendisi) çıkmıştır. Sonrasındaki sıralamada ise üçüncü ve dördüncü sırada E5, E2 (mimar) alternatiflerinin sıralamalarında bir değişiklik olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda her iki yöntemin uygulanması sonucunda E4 sigorta eksperinin (inşaat mühendisi) seçilmesi uygun görülmüştür. Çalışmada Bulanık-TOPSIS yönteminin daha iyi-uygun sonuçlar verdiği görülmüştür. Deprem ve DASK sigortası ile ilgili değerlendirmelerde sigorta eksperinin inşaat mühendisi veya mimar meslek grubundan seçilmesi hasar tespitinde/değerlendirmesinde KV’ler tarafından daha uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Çalışma sırasında; sigorta eksperleri depremi; magnitüd (deprem sırasında açığa çıkan enerjinin bir ölçüsü olarak) tanımlandığı görülmüştür. Ancak bu değerlendirme/tanımlama bina/yapı için depremi en zayıf değerlendirme/tanımlama yöntemi olup depremin binaya olan etkisini; yapı üzerindeki çatlaklara/hasarlara bakarak yapması gerektiği KV’ler tarafından değerlendirilmiştir. Aynı depremin binalar üzerindeki etkisi (depremin atım yönü, sıklığı, zemin durumu, bina inşaat kalitesi... gibi durumlardan dolayı) farklı olabileceği için sigorta eksperinin ilk değerlendirmesi gereken durum depremin bina üzerinde oluşturduğu hasar durumu olup binadaki hasar boyutuna göre binayı vuran depremin geliştirilmiş/değiştirilmiş Mercalli şiddet ölçeğine göre binayı etkileyen depremin kaç şiddetinde olduğunu raporlayarak raporunu oluşturmalıdır.

Sigorta eksperleri binalarda oluşan hasarı, depremleri aletsel ölçüsü cinsinden “Magnitüd” olarak tanımlanması; bina hasar tanımında hatalara neden olmaktadır. Şöyle ki; yazlık binalarda evlerde (genelde) kışın oturulmadığı için yazdan yaza gelen ev sahipleri 9-10 ay boyunca boş kalan evlerinin duvarlarında çatlak olduğunu görünce Dask sigortasını yaptırdığı şirketi arayarak durumları hakkında bilgi verirler. Sigorta eksperleri hangi depremin ne zaman binayı vurduğunu bilmeden son 1 yıl içinde yakın bölgede olan en büyük depremi dikkate alarak raporlarını hazırlamaktadırlar. Sigorta eksperleri genelde inşaat mühendisi olmadıkları için ve yapı mekaniği eğitimleri eksik olduğu için binayı kaç şiddetinde depremin vurduğunu anlamak için Çizelge 2’ den faydalanmadan raporlarını hazırlarlar. (Depremin aletsel ölçüsü cinsinden “Magnitüd” olarak raporunu hazırlayarak Dask kurumuna sunmaktadır.) Sigorta eksperleri tarafından yapılması gereken; Çizelge 2’ nin açıklama kısmında yer alan bilgiler doğrultusunda binadaki çatlak durumuna göre binayı vuran depremin şiddetini doğru bir şekilde belirleyerek raporlarını hazırlamalıdır. Bu duruma örnek vermek gerekirse; yazlık evinin/binasının duvarlarında sıva çatlağı olan bir ev IV veya V şiddetinde bir depreme maruz kalmış demektir.

Çizelge 2’de sunulan “Geliştirilmiş/Değiştirilmiş Mercalli Şiddet Ölçeğine” göre; binayı vuran deprem 4.0-4.9 magnitudünde bir depreme maruz kalmış demektir. Fakat sigorta eksperleri son 1 yılda bölgede olan maksimum depremi dikkate alarak hazırladığı raporlarında (örnek: aletsel büyüklüğü 6,6 lık deprem raporlandığı için) gerçek durum ile raporladıkları durum/maksimum deprem şiddeti arasında çok büyük bir fark oluşmaktadır. Şöyle ki; aletsel büyüklüğü 6,6’ lık deprem Çizelge 2’ de belirtildiği üzere binanın IX şiddetinde bir depreme maruz kalmış olması gerekir. Çizelge 2’ de Binayı vuran depremin tanımı ise şöyledir: “Özel olarak dizayn edilmiş binalarda orta ölçekte hasar oluşurken; iyi dizayn edilmiş kafes yapılar ekseninden kayar. Normal binalarda büyük hasar oluşur ve yer yer yıkılmalar gözlenir. Binalar temellerinden kayarlar.” Aletsel büyüklüğü 6,6 lık depreme maruz kalmış olan binanın yukarıda belirtildiği üzere ağır hasarlı bir bina olması gerekmektedir, ancak gerçek durumda duvarlarında sıva çatlağı olan az hasarlı bir bina gerçeği bulunmaktadır. Böyle uyumsuzluk içeren raporlar ile karşılaşmamak adına; sigorta eksperlerinin sigorta yapılan emtianın cinsine (makine, bina, tarım mahsulü ...) göre üniversitelerin ilgili bölümlerinden mezun olması gerektiği KV’ler tarafından önerilmektedir. Örneğin makine hasar uzmanlığı gerektiren bir araç/makina için makine mühendisi, bina hasar uzmanlığı gerektiren bir bina için inşaat mühendisi veya mimar, ameliyat/hastalık ile ilgili sigorta eksperliği için tıp doktoru olması (hatta sigorta konusu hangi organ ile ilgili ise onun üzerine uzmanlık yapmış doktor olması) bir zorunluluk olmalıdır. Bu duruma göre gerekli yasal ve mevzuat düzenlemeleri yapılmalıdır. (KV’ler ülkemizde binlerce üniversite mezunu işsiz olduğu için bu uygulamaya kolaylıkla geçilebileceği öngörülmüştür.)

Şu an ülkemizde uygulanan sigorta eksperleri olmak isteyenler için Hazine Müsteşarlığı tarafından belirlenen şartlardan “4 yıllık lisans mezunu olmak” şartı “sigorta yapılacak/değerlendirilecek emtia konusunda uzmanlık alanı konusunda 4 yıllık lisans mezunu olmak” olarak değiştirilmelidir. Sonrasında ise sigortacılık Eğitim Merkezi (SEGEM) tarafından verilen eksperlik kursu/egitimi genel bir sigorta eğitimi değil, uzmanlık alanlarına göre detaylı ve özellikli yüksek lisans seviyesinde bir program hazırlanmalıdır (örneğin yapı mekaniği mühendisi olabilmek için inşaat mühendisi olduktan sonra yapı mekaniği dalında/alanında yüksek lisans yapılmalıdır. Eğitimin bu seviyede olması gerekmektedir.). Eksperlik sınavı ise uzmanlık alanları ile aldıkları kurs ve eğitimler temel alınarak hazırlanmalıdır.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı; 3 Mayıs 1920 tarihinde kurulan "Bayındırlık Bakanlığı" ile 13 Ekim 1923 tarihinde kurulan "İmar ve İskân Bakanlığı" 'nın 1983 yılında birleştirilmesi ile kurulmuştur. 29 Haziran 2011 tarihinde ismi "Çevre ve Şehircilik Bakanlığı" olarak değiştirilmiştir. 29 Ekim 2021 tarihli ve 31643 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan 85 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Bakanlığımızın ismi T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak değiştirilmiştir. Çalışma sonucunda; ülkemizde yapılar konusunda uzman bir Bakanlığa ihtiyaç olduğu görülmüştür. Bu sebeple Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın (önceki uygulama gibi) ikiye bölünerek Bayındırlık Bakanlığı'nın ivedilikle kurulması gerektiği görülmüştür. Bunun nedeni ise ülkemizdeki inşaat uzmanlarının, yapı denetim uzmanlarının sayısının az olması, inşa edilen binaların inşaat kalitelerinin ve denetimlerinin yetersiz olması, kalitesiz binaların deprem ve doğal felaketlerden (sel, yangın...) sonra çoğunun yıkılması, hasar görmesidir. Yapı konusunda uzman bir Bakanlık sayesinde imar uygulamaları ve yapı denetim faaliyetleri düzenlenerek; mühendislik ve yapı projeleri daha sıkı kontrol edilecek, binaların inşaat kalitesi artacak, mevzuat düzenlemeler/değişiklikler ve denetimler tek bir elden hızlıca kontrol edilecek/yapılabilecektir. Denetimler ve hasar tespitleri konusunda uzman kişilerin olduğu tek bir uzman Bakanlık tarafından; daha etkin bir şekilde yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

Buckley, J.J. (2003). Fuzzy Probabilities. New Approach and Applications. Physica-Verlag, New York.

- Celep, Z., Kumbasar, N. (2000). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. Beta Dağıtım. İstanbul. 480.
- Chan, F.T.S., Kumar, N. (2007). Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-based Approach. Omega International Journal of Management Science. 35, 417-431.
- Chang, D.Y. (1996). Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. European Journal of Operational Research. 95, 649-655.
- Chen, S.J., Hwang, C.L. (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications. Berlin Heidelberg, Springer.
- Chen, C.T. (2001). A Fuzzy Approach to Select the Location of the Distribution Center. Fuzzy Sets and Systems. 118, 65-73.
- Chen, C.T. (2000). Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment. Fuzzy Sets and Systems. 114-119.
- Deng, H. (1999). Multicriteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparison. International Journal of Approximate Reasoning. 21, 215-231.
- Ersoy, U., (1999). Deprem Güvenli Konut Sempozyumu. Ankara.
- Ghodsypour, S.H., O'Biren, C. (1998). A Decision Support System for Supplier Selection using an Integrated Analytic Hierarchy Process and Linear Programming. Int. J. Production Economics. 56-57.
- Gülkan, P., Sucuoğlu, H., İncekara, Ç., Sonuvar, O., Yalçın, M. (1994). Analysis of Instrumented Building Response to Strong Ground Motions at very Short Distances to the Causative Fault. TUBİTAK raporu. proje numarası INTAG 506 (YAG 40). Eylül 1994
- Incekara, C. O. (2020). Türkiye' nin Elektrik Üretiminde Doğalgaz Talep Tahminleri. Journal of Turkish Operations Management. Cilt 4, 2, 494-508.
- Incekara, C. O. (2020). Turkey's Natural Gas Demand Projections. EJONS International Journal On Mathematics, Engineering & Natural Sciences. Volume (4), Issue (15): 489-505. doi: <http://dx.doi.org/10.38063/ejons.269>
- Incekara, C.O. (2020). Bulanık Mantık ile Sanayii Sektöründe ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi Uygulaması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. Volume 20, Issue 6, 991-1013. doi: <https://doi.org/10.35414/akufemubid.819645>
- Incekara, C.O. (2020). Turkey's Natural Gas Demand Projections. EJONS International Journal On Mathematics, Engineering & Natural Sciences. Volume 4, issue 15, 489-550. doi: <http://dx.doi.org/10.38063/ejons.269>
- Incekara, C. O. (2020). Evaluation of Turkey's International Energy Projects by Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Methods. Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences. Volume (8), Issue (9): 206-217. doi: <http://dx.doi.org/10.38065/euroasiaorg.143>
- Incekara, C. O. (2020). Enerji Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir İşletmede İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi. Cilt 4, 1, 152-177. doi: doi.org/10.31200/makuubd.678400
- Incekara, C. O. (2019). Use of an Optimization Model for Optimization of Turkey's Energy Management by inclusion of Renewable Energy Sources. International Journal of Environmental Science and Technology. Springer, 121-133. doi: <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02221-w>
- Incekara, C. O. (2019). Türkiye ve AB'nin Enerji Hedefleri. Journal of Turkish Operations Management. Cilt 3, 2, 298-313.

- Incekara, C.O. (2019). Turkey's Energy Management Plan by using Fuzzy Modelling Approach. Scholars' Press. Book, 38-52. ISBN-10: 6138829697. ISBN-13: 978-6138829690.
- Incekara, C.O. (2019). AB ve Türkiye'nin 2030 Yılı Enerji Hedefleri. YAEM 2019. Başkent Üniversitesi.
- Incekara, C.O. (2019). Türkiye ve AB'nin Enerji Hedefleri. Journal of Turkish Operations Management. Cilt 3, Sayı 2, 298-313.
- İncekara, Ç. Ö. (2018). Ülkemizdeki Enerji Santral Yatırımlarının AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi. 33, 4, 185-196. doi: <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.525228>
- Incekara, C. O., Ogulata, S. N. (2017). Turkey's energy planning considering global environmental concerns. Ecological Engineering. Elsevier, 589-595. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.02.033>
- İncekara, Ç. Ö. (2013). Turkey's Energy Strategies. SOSBİLKO 2013. 113-129.
- İlki, A. (2020). Betonarme Yapılarda Riskler ve Risklerin Azaltılması. İMO İstanbul Şubesi. Kurs notları.
- Klir, G.J. (1995). Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications. Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Leung, L., Cao, D. (2000). On Consistency and Ranking of Alternatives in Fuzzy AHP. European Journal of Operational Research. 124, 102-113.
- Opricovic, S. (2011). Fuzzy VIKOR with an Application to Water Resources Planning. Expert Systems with Applications. 38, 12983-12990.
- Opricovic, S. (1998). Multi Criteria Optimization of Civil Engineering Systems. Faculty of Civil Engineering, Belgrade.
- Opricovic, S., Tzeng, G.H. (2004). The Compromise Solution by MCDM methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research. 156(2), 445-455.
- Saaty, T.L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. Int. J. Services Sciences. 1, 1, 83-98.
- Satrovic, E., Dag, M. (2019). Energy Consumption, Urbanization and Economic Growth Relationship: An Examination on OECD Countries. Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. Vol. 11(22), 315-324.
- Shukla, R.K., Gray, D., Agarwal, A. (2014). An Integrated Approach of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS in Modeling Supply Chain Coordination. Production & Manufacturing Research. 2(1): 415-437.
- Sucuoğlu, H., Gülkan, P., İncekara, Ç., Sonuvar, O. (1995). İvme Ölçüm Cihazları ile Donatılmış Betonarme Bir Binanın Elastik Ötesi Dinamik Analizi. II. Boğaziçi Üniversitesi Teknik Kongresi. 18-20 Eylül 1995. Boğaziçi Üniversitesi. İstanbul
- Sucuoğlu, H., Gülkan, P., İncekara, Ç. (1995). Seismic Response Analysis of an Instrumented R/C Building. 5. SECED Conference. European Seismic Design Practice. Chester, İngiltere, 671-678
- Wang, Y.M., Luo, Y., Hua, Z. (2008). On the Extent Analysis Method for Fuzzy AHP and its Applications. European Journal of Operational Research. 186, 735- 747.
- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy Algorithms. Information and Control. 12(2), 94-102.