

Yapıların Deprem Hasarlarının Hızlı Tespitinde Bulanık Kural Tabanlı Uzman Sistemlerin Kullanımı

Ali K. Baltacıoğlu¹, Altuğ YAVAS², Ömer CİVALEK¹, Baki ÖZTÜRK³, Bekir AKGÖZ¹

¹Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya

²Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

³Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Niğde

Özet

Genel olarak bir yapının deprem etkisi altında öngörülen dayanımı, büyük ölçüde o yapının elastik ötesi bölgelerde deformasyon yapabilme yani enerji sönmüleme yeteneği ile ilgilidir. Depremde hasar görmüş herhangi bir yapının mevcut durumunu hızlı fakat etkin bir şekilde belirlemek ülkemiz koşulları açısından çok önemlidir. Bu yazıda bulanık kural tabanlı uzman sistemlerin hasar tespitindeki başarısı üzerinde durulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Uzman sistem, bulanık mantık, hasar.

Using of Fuzzy Logic Based Expert Systems for Fast Damage Determination of Structures After Earthquake

Abstract

In general, expected strength of a building under earthquake loading mainly depends on its deformation capacity beyond elastic region which is considered as the ability to damp energy. It is important to define the damage status of a building after earthquake in a rapid and effective way considering the conditions of our country. In this article, the capability of fuzzy logic based expert systems in damage determination is discussed.

Key Words: Earthquake, Expert system, fuzzy logic, damage.

1.Giriş

Deprem, insanlık ve uygarlık tarihi kadar eski olan tabii afetlerin içerisinde insanoğlunun yaşam koşullarını en fazla etkileyendir. Günümüz bilim ve teknolojisinin gelmiş olduğu noktada depreme dayanıklı yapı tasarımı; kesin çizgileri ile belirlenmiş ve bu konudaki tüm teorik ve pratik bilgilere sahip bir disiplindir. Günümüzde depreme dayanıklı yapılar inşa etmek için doğaüstü güçlere, karmaşık felsefelere veya saatler süren tartışmalara ihtiyaç yoktur. Sadece mevcut yönetmeliklerin tam ve doğru bir şekilde uygulanabilmesini sağlamak ve bunu çok ciddi bir şekilde denetlemek gerekmektedir. Depreme dayanıklı her tür yapının tasarımı ve imalatı sürecindeki en önemli etken insan parametresidir [1-18].

20. yüzyılın ikinci yarısında temelleri atılan ve günümüzde büyük araştırma topluluklarının ve laboratuvarların üzerinde çalıştığı yapay zeka tekniği, mühendislik ve temel bilimlerde pek çok problemin modellenmesi ve analizinde başarı ile kullanılmış ve klasik (konvansiyonel) programlamaya alternatif olmuştur[19-27]. Bu yazıda uzman sistemlerin yapı hasarlarının belirlenmesinde kullanılması basitçe anlatılacak ve binada mevcut çatlaklardan hareket ederek bir çıkarım yapılacaktır.

2. Uzman Sistemler

Uzman sistemler; Yapay zekâ sistemlerinin bir koludur. Yapay zeka sistemleri ise; problemlerin insan zekasının bilgisayarda simülasyonu yapılarak çözümlenmesi çalışmasından ibarettir. Herhangi bir karmaşık sistemde, uzman bir kişinin yaptığı işleri yapan bir bilgisayar programı yapay zekâ olarak adlandırılabilir. Bu yazılımlar genellikle ara yüz, veri tabanı, kural tabanı vb. birden fazla programdan oluştuklarından sistem olarak adlandırılır.

Uzman sistemler; öneride bulunan, problemi analiz edebilen, sınıflandırabilen, iletişim kurabilen, tasarım yapabilen, tanımlayabilen, inceleyebilen, tahmin yürütebilen, belirleyen, yargılayabilen, öğrenebilen, kontrol edebilen, programlayabilen ve öğreten yazılımlardır. Uzman sistemler, akıllı bir bilgisayar programı olup bilgiyi kullanan ve belirli bir derecede uzmanlık gerektiren zor problemlere çözüm bulan bir programdır. Ancak; uzman sistemler mümkün olmayanı yapamaz ve güçlü bir uzman sistem oluşturulması oldukça uzun zaman almaktadır.

Bir uzman sistem; uzman sistemde belirtilen gerçekler ve sonuç çıkarmaya yönelik bilgiler ve yargılar ile ilgili bilgileri içeren bilgi tabanı, uzman sistemin çözülecek problem ile ilgili bilgileri içeren kontekst, uzman sistemin kontrol bilgilerini içeren sonuç çıkarma mekanizması gibi temel işlevleri yürüten bölümlerden oluşur. Uzman sistemler ile ilgili pek çok çalışma olduğundan bu yazıda ayrıntılar üzerinde durulmamıştır.

Uzman sistemler çözülecek probleme ait olguları yada verileri kapsayan bir sistemdir. Uzman sistemler de kuralları bir dizi şeklinde kullanıp işi yapmak için kullanılan mekanizma *Arayüz Motoru* olarak adlandırılır. Uzman Sistemlerde (US) yaygın olarak iki çeşit arayüz motoru kullanılır. Birisi, mantık programlama modeli, diğeri ise üretim sistemi modelidir. Bilinen bir başka karar mekanizması ise, üretim sistem motorudur. Bu sistemde, kurallar listelenip, kontrole listenin en üstünden başlanır.

Genel yazılım (Konvansiyonel programlama) algoritma esaslıdır. Bu yüzden algoritmik olmayan çözümlere uygulanamaz. Uzman sistemler bunun aksine heuristiklere bağlı olduğundan, her türlü uzmanlık sahasına yakındır. Uzman sistem, yapısı açısından içerdiği bilgilerin değiştirilmesine, yeni bilgiler eklenmesine elverişlidir. Bu sayede zaman içinde kolayca geliştirilebilir, tıpkı uzman gibi yeni bilgiler edinebilir. Kullanıcı, uzman sistemin muhakemesini izleme olanağına sahiptir, uzman sistem kullanıcıya kararlara nasıl vardığını, herhangi bir sorunun cevabına neden gereksinim duyduğunu sorabilir. Geleneksel yazılımın aksine, uzman sistem kesin olmayan verileri kullanabilir, önerdiği çözümden ne derece emin olduğunu belirtir. Uzman sistemler üzerinde çalışılan problemlerin tiplerine göre farklı amaçlara yönelirler. Bunlar; çevirme (interpretation) sistemleri, tahmin (prediction) sistemleri, tanı (diagnosis) sistemleri, Tasarlama (design) sistemleri, planlama sistemleri, izleme (monitoring) sistemleridir.

3. Deprem Nedeniyle Oluşan Hasarlar

Deprem etkisi altında herhangi bir yapıda oluşan hasarların nedenleri farklı yaklaşımlar ile sınıflandırılabilir. Ancak genelde oluşan hasarlar belli başlıklar altında verilebilir. Her bir yapı elemanında ve yapının genel olarak dikkate alınması ile oluşan hasarlar şu başlıklar altında verilebilir [13-18]. Ancak bu çıkarımda detaya girilmeden literatür bilgisi sunulacaktır.

Sıva çatlakları: Betonarme yapılarda deprem hasarları sıva çatlakları ile başlar. Kirişlerde ve dolgu duvarları arası sıva çatlakları örnek olarak verilebilir. Küçük şiddetli depremlerde görülür.

Dolgu duvarı hasarı: Dolgu duvarların deprem davranışına önemli etkileri vardır. Bu elemanlar hem yapıya hem rijitlik sağlayıp dinamik karakteristiklerini değiştirirler, hem de yatay ve düşey yüklerin taşınmasına katkıda bulunurlar. Bununla birlikte genel olarak; hem yapının doğal titreşim periyodu ve sönüm gibi dinamik özelliklerinin hesabında dikkate alınmazlar ve hem de deprem (yatay yükünün) etkisindeki katkıları dikkate alınmazlar. Oysa çok aza taşıma güçleri de olsa dolgu duvarları deprem etkisinde taşıma gücü azalmış kolonlara yardımcı olur. Ayrıca yapıyı daha rijit ve daha kısa periyotlu bir konuma getirerek yapının sönümüne önemli katkıları olmaktadır. Dolgu duvarı eğer boşluklu briket malzeme ile yapılmış ise deprem etkisinde hasarlar oluşur. Bu duvarlarda çapraz biçimde görülen sıva çatlakları, dolgu duvarının içinde de devam eder. Ayrıca dolgu duvarlarının deprem etkisinde kısa kolon hasarına neden olma gibi dezavantajı vardır.

Çerçeve hasarları: Ülkemizde en fazla tekrarlanan hatalardan birisi kolonların kirişlere göre daha zayıf olmasıdır. Bu nedenle çerçeve hasarlarına daha çok kolonlarda rastlanır ve pek çok yapı deprem sırasında bu nedenle yıkılır. Deprem enerjisi kolonun rijit ek yerlerinin mafsallaşması ile tüketilmektedir. Uygun olan kolonların kirişlere göre daha kuvvetli olarak tasarlandığı kuvvetli kolon-zayıf kiriş konstrüksiyonudur. Burada dikkat edilmesi gereken nokta şudur; kirişler zayıf olmayacaktır. Standartlarda belirtilen koşullar ve hesap neticesinde ortaya çıkan kesitler kullanılacaktır. Ancak ilgili kolonlar eğer hesap neticesinde kirişe göre daha ince ise kolon kirişe göre daha büyük kesitli alınacaktır. Kuvvetli kolon-Zayıf kiriş prensibi ile düktilite artırılarak sistemin mekanizma durumuna geçmesi engellenir.

Depreme dayanıklı tasarlanmış bir yapıdaki çerçevelerde mafsallaşma hasarları kabuk betonun dökülmesi düzeyinde kalmalıdır. Daha ileri safhalardaki mafsallaşma hasarı yapının stabilitesini tehlikeye sokacaktır. Bu durumda betonun kesme kuvvet taşıma gücünde azalacağından kırılmanın mafsallaşma nedeniyledir yoksa kesme kırılması ile mi oluştuğunu kestirtmek zordur.

Kolonlarda kesme hasarı: Eğer kolonun kesme kuvvet dayanımı yetersiz ise yaklaşık olarak 45° lik eğimli çatlaklar belirir. Daha sonraki aşamalarda çatlaklar büyüyerek kesme kırılması meydana gelecektir. Bu aşamada etriyeler açılır, beton çatlak ve boyuna donatı burkulur.

Kolonlarda basınç kırılması: Eğer kolonun eksenel yükü taşıma gücünün %50 sinden fazla ise kolonlarda deprem sırasında basınç kırılması oluşur. Basınç kırılması; donatı akma dayanımına ulaşmadan betonun ezilerek çatlama sonucu ortaya çıkar. Gevrek bir kırılma olduğundan tehlikelidir.

Kolon-Kiriş ek yeri hasarı: Ülkemizde yaygın olarak yapılan bir hatada kolon-kiriş birleşim bölgesinde etriye sıklaştırılmasının yapılmamasıdır. Hatta Adapazarı ve diğer bazı son depremlerde görülmüştür ki bu bölgede etriye kullanılmadığı da olmuştur. Özellikle kenar ve köşe kolonlarda kabuk betonu orta hatta küçük şiddetli depremlerde bile dökülmekte, bu bölgede etriye olmadığından boyuna donatı burkulmaktadır. Ayrıca bu bölgede kiriş donatıları yeterli kenetlenme boyuna sahip değilse kiriş tam moment kapasitesine ulaşmadan alt veya üst donatısı sıyrılmaktadır. Yani kiriş moment taşıma gücüne ulaşmamaktadır.

Kiriş hasarları: Bu hasarlar daha çok büyük açıklıklı kirişlerde düşey yükler nedeniyle oluşur. En büyük momentler mesnet kenarlarında ve açıklık ortasında olduğundan öncelikle bu bölgelerde kiriş eksenine dik çatlaklar oluşur. Bu çatlaklar kılcal olmakla beraber eğer mesnet veya açıklık donatısı yeterli değilse çekme donatısı akmaya ulaşır ve çatlaklar belirginleşir. Deprem etkisinde ise deprem momenti kesitin taşıma gücünü aştığından çekme çatlağı büyür ve basınç bölgesindeki betonda ezilmeler görülür. Deprem yön değiştirince daha önce çekmeye maruz olan bölge basınca maruz kalır ve bu bölgedeki betonda dökülmeler görülür. Uzun süreli bir depremde momentin yön değiştirmesi birkaç kez tekrarlanınca kiriş uçlarında plastik mafsallık adı verilen mafsallar oluşur. Bu mekanizmanın oluşmaması için de yine kuvvetli kolon-zayıf kiriş kuralına uyulmalıdır. Deprem mühendisleri; depreme maruz sürekli bir kirişin davranışını konsol boyu, açıklığın yarısına eşit bir konsol kiriş davranışına benzetirler ve konsolun ucunda yön değiştiren düşey bir yük olduğuna kabul edilir. Bu davranış da gösterilmiştir ki kolon-kiriş birleşim bölgesi enerji yutma kapasitesi yüksek bölgeler olup kesinlikle yönetmelik ve standartların belirttiği yapısal ve konstrüktif kurallara uyulmalı ve etriye sıklaştırılması yapılmamalıdır.

Kirişlerde eğik çekme çatlakları: Kirişin kesme kuvveti dayanımının (V_r) yetersiz olduğuna durumlarda oluşur. Böyle bir kırılma ani ve gevrek bir kırılma olup tehlikelidir. Bu nedenle kirişin kesme dayanımı eğilme dayanımından büyük olmalıdır ve kesme dayanımı hesaplanırken beton katkısı ihmal edilir. Bir başka ifade ile tersinir bir yükleme olan deprem etkisinde pilyeler etkisiz olup kayma donatısı olarak göz önüne alınmaz.

Perde duvarlarında hasarlar: Bu hasarlar yapının kat âdetine göre değişir. Birkaç katlı yapıların perdelerinde kesme çatlakları (yatayla 45° lik açı yapan) oluşur. Yüksek bir yapının perde duvarlarındaki çatlaklar zemine yakın yerlerde oluşan eğilme çatlaklarıdır. Boşluklu perdelerin bağ kirişlerinde ya 45° lik çekme çatlakları oluşur veya bağ kirişlerin uçlarında eğilmeden dolayı plastik mafsallar oluşur.

Döşeme hasarları: Döşemelerde görülen hasarlar çoğunlukla döşeme ortasında aşırı sehim veya döşemenin kirişler ile birleştiği üst yüzeyde çatlaklar olarak ortaya çıkar. Bazı durumlarda hasarlar beklenen düzeyin üzerinde hasarlar gözlemlenebilir. Bunu temel nedenleri şunlardır. Yapı depremin odak noktasına çok yakın olabilir. Deprem beklenenden daha şiddetli olabilir. Yani 1° ve 2° deprem bölgesinde ayrımında ara yerde kalmış bir yerleşim yeri olabilir. Bu durumda olan yerlerde emniyetli tarafta kalarak tasarım yapılmalıdır. Yani böyle ara bölgede olan bir yerleşim yerinde gayri müsait duruma göre örneğin 1° ve 2° deprem bölgeleri arasında kalan bir yerde 1° deprem bölgesindeki esaslara uyulmalıdır. Tasarım ve imalat sırasındaki kusur, ihmâl, hata ve bilgisizlikler yine beklenin üzerinde bir hasara neden olur.

Deprem dolayısıyla oluşan yapı hasarında uzman bir kişinin bir tespit sırasında belirli ölçümler ve değerlendirmelerle, geçmiş tecrübeleri ışığı altında karar verdiği bir gerçektir. Uzman sistem bilgi tabanına; konu hakkında gerekli bütün standart, yönetmelik, hasar tespit föyleri, kitaplar, bina analiz raporları, eski deprem raporları gibi tüm ayrıntılar uygun formatta girilmiştir. Parametrelerin gerekli olanlarının tamamı için bulanık üyelendirme yapılacak (EĞER beton kalitesi KÖTÜ **VE** taşıyıcı sistem DÜZENSİZ İSE **VEYA** perde taşıyıcılar YETERSİZ İSE ..şeklinde bir kural zincirinde beton kalitesinin KÖTÜ olması bir üyelik derecesiyle dikkate alınacak ve yine perde taşıyıcıların YETERSİZ olması dilsel yani göreceli ifadesi standartlar dikkate alınarak YETERSİZ-YETERLİ durumları için fuzzy üyelikleri belirlenecektir) ve uzman sistem çıkarımında bilimsel olarak değerlendirilecektir. Aksi halde uzman dahi olsa her kes için AZ-ÇOKAZ-YETERSİZ- KISMEN- ÇOK gibi ifadeler farklı aralıkları ifade edebilecektir.

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

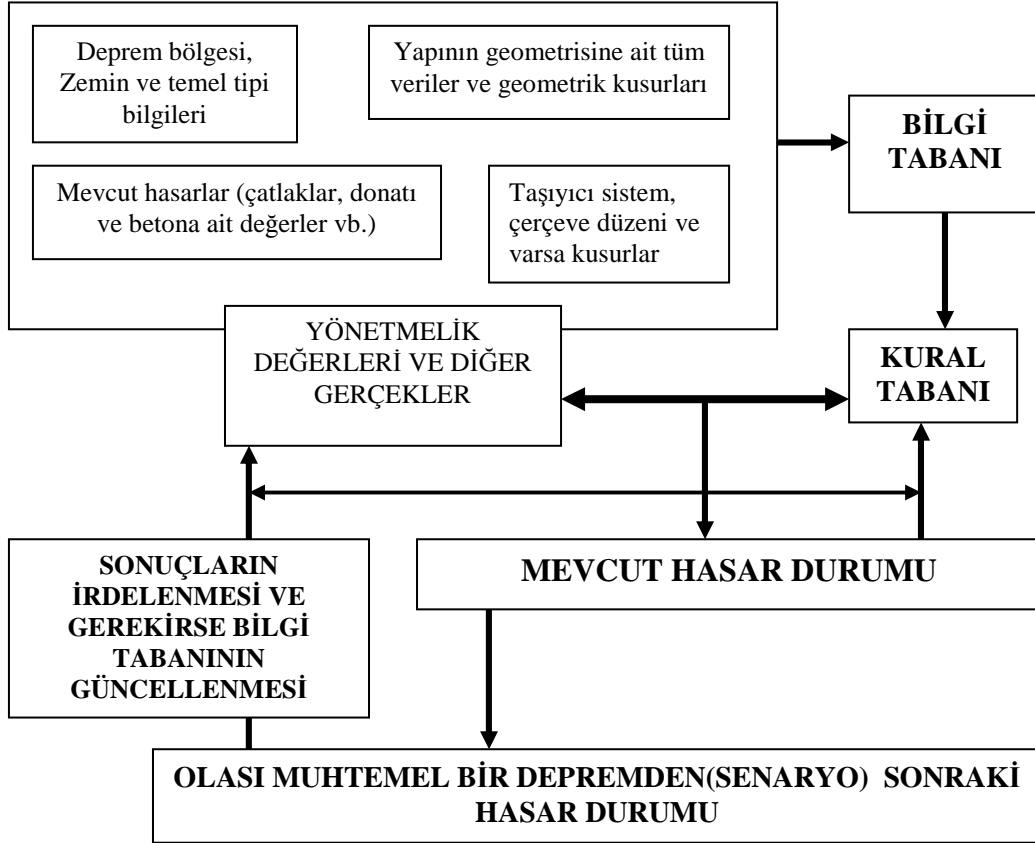
- Binanın yaşı (yapım yılı-bağlı olduğu yönetmelik).
- Aktif faylara uzaklığı (uzak- çok uzak-çok yakın-yakın, Bulanık üyelendirilecek bilgi).
- Geçen 5, 10, 15, 20 ve 50 yıl içinde bölgede olan en yüksek şiddetli depremin şiddeti
- Geçen 10, 20 yıl içinde olan deprem sayısı ve şiddetlerinin ortalaması.
- Sıvılaşma riski.
- Deprem bölgesi.
- Yerel zemin sınıfı
- Kat sayısı, Bodrum var mı ? Varsa kaç kat.
- Kat yükseklikleri.
- Yapı davranış katsayısı (R)
- Taşıyıcı sistemi [perde taşıyıcılar var mı?, yeterli mi?, ne kadar yeterli (bulanık üyelendirilecek bilgi)].
- Görünür işçilik kalitesi.
- Yapısal kusurlar (Yumuşak kat, kısa kolon, bant pencere, planda düzensizlik, düşey rijit elemanlarda süreksizlik, Güçlü kiriş-zayıf kolon vb.).
- Yapı önem katsayısı.
- Yapının kullanım amacı (konut, hastane, okul vb.) önem katsayısı.
- Daha önce tadilat, onarım (ciddi yada çatlakların kapatılmasına yönelik kozmetik yani rötuş) görmüş mü?.
- Binada proje dışında ilave veya eksiltme (bölme duvar, kolon vb.) var mı?

- Denize olan mesafe yada bölgenin ortalama yıllık nem miktarı (korozyon açısından)
- Kesitlerin kontrolü yani boyutların uygunluğu (kolon, kiriş, döşeme vb.).
- Yapıdaki açıklıkların miktarı (bulanık üyellendirilecek bilgi).
- Dilatasyon var mı?. Yeterlimi?
- Bitişinde bina var mı ?, komşu katlarla kat seviyesi farkı, çekiçleme etkisi.
- Döşeme tipi ve katlardaki döşeme sistemi.
- Bölme duvar cinsi.
- Çıkma var mı? Varsa miktarı.
- Maksimum açıklık miktarı.

Eğer yapı hasarlı ise bunlardan başka

- Kolon hasarları
- Kiriş hasar tipi, çatlak genişliği vb.
- Döşeme çatlakları vb. bilgisi
- Katlar arası rölatif kalıcı yanal ötelenme
- Maksimum deplasman
- Perde sistemdeki hasarları

Ayrıca projesinin olup olmamasına göre girilecek donatı ve beton kalitesi ile ilgili bilgiler olabilir. Bu çalışmada binada mevcut çatlak durumuna göre bir çıkarım yapan uzman sistem ile bir örnek yapılmıştır. Hızlı tespitin gerektiği durumlarda uzman sistemlerin, hasarlı binaların hasar miktarlarının tespitinde alternatif bir yaklaşım olması düşünülmektedir. Geliştirilen sistemin işleyişini gösteren bir şekil aşağıda (Şekil 1) özetlenmiştir.



Şekil 1. Uzman sistem tabanlı hasar tespiti

Binaların hasarlarının değerlendirme sürecinde tecrübeye ihtiyaç vardır. Fakat genellikle değerlendirme için az sayıda uzman olup, bilgilerinin bilgisayar ortamına aktarılarak daha fazla istifade edilmeleri sağlanabilir. Bulanık mantık, belirsizlik durumlarında ve karmaşık problemlerin çözümünde kullanılabilen, üyelik fonksiyonlarına ve bulanık kurallara göre çalışan bir yöntemdir. Bulanık mantık, uzman sistemlerde yapılacak çıkarımda kendisini kanıtlamış bir yaklaşımdır.

Kural tabanındaki çatlak büyüklükleri (az, çok, orta) dilsel olarak tanımlı olup bunlar bulanık küme kuramıyla üyelendirilerek uzman sistem kuralında işleme tabi tutulmuştur.

Geliştirilen uzman sistem çeşitli kuralların girilmesine bağlı olarak ileriye doğru çıkarım yapmakta ve mevcut kural tabanı ile aradaki bağlaçlara göre (EĞER- VE- VEYA- O ZAMAN) bir çıkarım yapmaktadır. Kurallardan bazıları, özellikle dilsel ifade içerenler, bulanık kümeyle kurala dahil edilmektedir. Tanımlanan kurallardan bazıları aşağıdadır:

**EĞER YAPI ÇOK KATLI VE
PERDE YOK İSE
VE KOLONLARDA ÇATLAK VAR İSE.....**

**EĞER ZEMİN SINIFI KÖTÜ VEYA
TEMEL TİPİ UYGUN DEĞİLSE VE
PLANDA DÜZENSİZLİK MEVCUT İSE ...**

..

..

**EĞER GÖRÜNÜR BETON KALİTESİ KÖTÜ VE TAŞIYICI ELEMANLARDA
BÜYÜK DEFORMASYONLAR MEVCUT İSE VE YAPI ÇOK KATLI İSE VEYA
PERDELER YETERSİZ İSE ...**

Şeklinde tanımlı kurallar yönetmelik değerleri ve diğer bilinen değişmez gerçekler dikkate alınarak ve bazı parametreler için bulanık üyelik değerleri hesaplanarak çıkarıma dahil edilmiştir. Daha önce yapılan çalışmada [20] bulanık mantık ilkeleri kurallara uygulanmadan bir uzman sistem (kural tabanlı) önerilmiştir. Bu çalışmada ise parametrelerden bazıları bulanık kural olarak değerlendirilmiştir. Büyüklükler üçgen veya trapez üyelik derecesi şeklinde üyelendirilmiştir. Bulanık küme kavramı ve uygulamaları hakkında literatürde pek çok çalışma mevcut olup, yazarlarından bu konuda makale ve sunumları mevcuttur. Bu yazıda detay bilgileri verilmemiştir.

4. Uygulama

Göz önüne alınan yapı (adı ve diğer bilgileri burada verilmemiştir), Z3 zemin sınıfına bağlı bir bölgede yapılmış olup, bina 9 katlıdır. Yapı 1. derece deprem bölgesindedir. Bina 1986 yılında yapılmış olup, bina taşıyıcı sistemi kolon-kirişlerden oluşan çerçeve tipi taşıyıcıdır. Alt kat dükkân olup, yumuşak kat durumu söz konusudur. İncelenen binada bazı kirişlerde deplasmanlar olup, çatlaklar belirgindir. Bazı birleşim

bölgelerinde de çatlak söz konusudur. İki adet bölme duvarda 45⁰ lik çatlaklar söz konusudur. Binaya ait kimlik bilgileri özellikle verilmemiştir.

Uzman sistem tarafından binaya ait bilgiler girildikten sonra verilen sonuç, binanın orta hasarlı olduğu (%41 oranında) ancak perde elemanların kullanılmaması nedeniyle orta büyüklükte (6.4 şiddetinde) bir depremde dahi göçme sınırına ulaşacağı (birleşim yeri çatlakları, yumuşak kat ve perde olmaması gerekçeleri ile) sonucuna varılmıştır. Yine geliştirilen uzman sistemde programa girilen bir senaryo (6.7 şiddetindeki) deprem etkisinde yapının göçme sınırında olduğu çıkarımı yapılmıştır. Yani 6.7 şiddetindeki veya daha büyük her depremde yapı göçme sınırında veya büyük hasar görecektir. Program ürettiği sonucun gerekçelerini aşağıdaki şekilde özetlemektedir:

Yapı az (0.6)/orta (0.4) hasarlıdır. Hasar düzeyi ortalama %31 dir.
Yapıda Perde olmaması ve bodrum katta perde kullanılmaması ve
Yumuşak kat ve diğer bazı yapısal kusurlar ve özellikle mevcut çatlaklar bu sonuca etkindir.
Yapı (6.4) Şiddetinde ve üzeri bir depremde büyük hasar görebilecektir. Varılan sonucun güvenilirlik yüzdesi (%74) dür.
Bu analizde çatlak büyüklükleri bulanık üyelendirilmiştir.
Deprem sonrası tahmini hasar düzeyi %82 olacaktır.

Bina resmi makamlarca da incelenmiş ve analizleri yapılmış bir binadır. Varılan sonuç binanın orta hasarlı olduğu ve güçlendirme yapılması gereğidir. Programın ürettiği sonuç yapı az hasarlı (%60) veya orta hasarlı (%40) şeklinde bulanıktır. Yani bina mevcut haliyle az hasarlı binalar sınıfına 0.6 üyelikle girebilmekte iken 0.4 üyelik derecesiyle de orta hasarlı sayılabilir.

5. Sonuçlar

Mevcut bir yapının durumunun belirlenmesi veya deprem geçirmiş bir yapının hasar durumu hakkında karar vermek bir veya daha fazla uzmanın birkaç günlük çalışmasını gerektirmektedir. Depremden sonra hızlı karar vermeye ihtiyaç duyulduğunda, sokaktan yapılan tespit hızlı olmakla birlikte her zaman isabetli olmamaktadır. Bir uzmanın karar verme sürecinin benzeştirildiği bu çalışmada bulanık kural tabanlı uzman sistem kullanılmıştır. Programa yapıya ait yaklaşık 25 adet verinin hızlıca girilmesi ile iki tür analiz yapılabilmektedir. Binanın mevcut durumunun belirlenmesi ve binanın menüden şiddeti girilecek bir senaryo depremde olası hasar durumunun belirlenmesidir. Program ayrıca girilen verilerin sayısı ve sonuca etkime oranına göre, ürettiği sonucun güvenilirliğini de verebilmektedir. Yani daha az sayıda data girilmiş ve bazı büyüklüklere ait bilgi yok ise vereceği sonucun güvenilirlik oranının düşük olması ile kullanıcıyı uyarılmaktadır.

Teşekkür

Yazarlar Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve proje biriminin desteğine teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] Ersoy, U., Erzincan Depremi ve Betonarme Yapılar, 13 Mart 1992 Erzincan Depremi Mühendislik Raporu, İMO Ankara Şubesi, Ankara, (1992).
- [2] Özmen, G., 1997 Türkiye Deprem Yönetmeliğine Göre Tasarım Uygulamaları, Türkiye Deprem Vakfı Teknik Raporu, TDV/TR 018-32, İstanbul, (1999).
- [3] Sucuoğlu, H., Gülkan, P., Yapısal Hasarların Genel Değerlendirilmesi, 13 Mart 1992 Erzincan Depremi Mühendislik Raporu, İMO Ankara Şubesi, Ankara, (1992).
- [4] Tankut, T., Ersoy, U., Az Katlı Yapıların Deprem Tasarımına İlişkin Bir Öneri, **Türkiye Mühendislik Haberleri**, İnşaat Mühendisleri Odası, 286, (1996).
- [5] Tezcan, S.S., Depremden Korunmak İçin Mimari Öneriler, **Deprem - Makaleler**, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, (2000).
- [6] Sawyer, J.P., Rao, S.S., Structural damage detection and identification using fuzzy logic, **American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) Journal**, 38, 12, 2328-2335, (2000).
- [7] Szewczyk, Z.P., Hajela, P., Damage detection in structures based on feature-sensitive neural networks, **Journal of Computing in Civil Engineering**, ASCE, 1994; 8, 2, 163-78, (1994).
- [8] Wu, X., Ghaboussi, J., Garrett, JH., Use of neural networks in detection of structural damage, **Computers & Structures**, 42, 4, 649-59, (1992).
- [9] Giarratono, J., and Riley, G., **Expert Systems: Principles and Programming**, PWS Publishing Company, Boston, (1994).
- [10] Taha, M.M.R., Lucero, J., Damage identification for structural health monitoring using fuzzy pattern recognition, **Engineering Structures**, 27, 1774-1783, (2005).
- [11] Lagaros, N.D., Tsompanakis, Y., Intelligent computational paradigms in Earthquake Engineering, IDEA Group Publishing, (2007).
- [12] Chiang, W., Liu, K.F.R., Lee, J., Bridge Damage assessment through fuzzy petri net based expert system, **Journal of Computing in Civil Engineering**, ASCE, 14, 2, 141-149, (2000).
- [13] Sezer, F., Gençoğlu M., ve Celep, Z., Deprem Yönetmeliği (2007) Kuralları İle Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin Değerlendirilmesine Kıyaslamalı Bir Bakış, **6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, 539-550, İstanbul, 16-20 Ekim (2007).
- [14] Özcebe, G., 3 Subat 2002 Afyon-Sultandağı Depreminde Gözlenen Yapısal Hasarlar ve Nedenleri, rapor-İMO, (2002).
- [15] Bayülke, N., Depremde hasar gören yapıların onarım ve güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir, (1999).

- [16] Aydınoğlu, N., Celep, Z., Özer, E., Sucuoğlu, H., Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik, **Örnekler Kitabı**, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, (2007).
- [17] Özcebe, G., Deprem Güvenliğinin Saptanması için Yöntemler Geliştirilmesi, TÜBİTAK İÇTAG YMAÜ I574 Araştırma Projesi Sonuç Raporu, Ankara, (2004).
- [18] Gülkan, P., Deprem Hareketine Maruz Perde Duvarlı Yapıların Değerlendirmesi, **6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı**, Çağrılı Bildiriler Kitabı, Cilt 3, 217-229, İstanbul, 16-20 Ekim (2007).
- [19] Şen, Z., Bulanık mantık ve modelleme ilkeleri, **Bilge Kültür Sanat**, İstanbul, (2001).
- [20] Yavaşı, A., Civalek, Ö., Yapı Hasarlarının Belirlenmesinde Uzman Sistemlerin Kullanımı, **Türkiye Mühendislik Haberleri**, Türkiye İnşaat Mühendisleri Odası, Sayı 439-440, 5-6, 46-55, (2005).
- [21] Civalek, Ö., Bulanık (Fuzzy) ya da Puslu Mantık, **Türkiye Teknik Elemanlar Vakfı (TÜTEV) Teknik Dergisi**, Sayı 8, 20-25, (2004).
- [22] Civalek, Ö., Karınca Koloni Algoritması ve Uygulamaları, **Türkiye Teknik Elemanlar Vakfı (TÜTEV) Teknik Dergisi**, Sayı 9, 16-22, (2004).
- [23] Civalek, Ö., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Temel İlkeler, **Türkiye Teknik Elemanlar Vakfı (TÜTEV) Teknik Dergisi**, Sayı 7, 14-19, (2004).
- [24] Civalek, Ö., Yapay Zeka-Söyleşı, **Türkiye Mühendislik Haberleri**, Türkiye İnşaat Mühendisleri Odası, Sayı 423, 40-50, (2003).
- [25] Civalek, Ö., Yapay Sinir Ağları ve Yapı Mühendisliğinde Kullanım İlkeleri, **Türkiye Teknik Elemanlar Vakfı (TÜTEV) Teknik Dergisi**, Sayı 4, 28-35, (2002).
- [26] Civalek, Ö., Mühendislik Sistemlerinde Kullanılan Uzman Sistemlerin(Us) Temel Prensipleri, **Yapı Dünyası**, Ocak, 44-51, (2003).
- [27] Civalek, Ö., Temel Prensipleriyle Genetik Algoritmalar, **Türkiye Teknik Elemanlar Vakfı (TÜTEV) Teknik Dergisi**, Sayı 5, 36-39, (2003).