

# AYGAZ YAPAY ZEKA OKURYAZARLIĞI BOOTCAMP BİTİRME PROJESİ

## Giriş:

Ülkemizde yakın zamanda meydana gelen deprem felaketinin geride bıraktığı yıkım ve kayıplar çok büyük. Öyle ki, ekonomiden toplumsal etkileşime, eğitimden mühendislik teknolojilerine varana dek her alanda depremin ardında bıraktığı hasarlarla daha uzun yıllar mücadele edeceğiz gibi görünüyor. 6 şubatta meydana gelen depremde, 10 şehir ve yaklaşık 14 milyon insanın etkilendiği tahmin ediliyor. Fakat ikincil dereceden etkilerini hesaba katarsak, bu felaketin faturasının çok daha büyük kitleleri etkilediği ve etkilemeye devam edeceği de apaçık.

Doğal afetler bugün hala insanlığın çözmeye çalıştığı en büyük problemlerden birisi durumunda. Bu alanda yapılan pek çok çalışma mevcut. Bununla birlikte doğal afetleri tamamen ortadan kaldırmak ne imkan dahilinde, ne de imkanlarımız el verse dahi böyle bir çözüm haritasının akla yatkın olduğunu söyleyebiliriz. Nihayetinde doğanın açığa çıkarma ihtiyacı duyduğu şeyi engellemek, şimdiden ön göremeyeceğimiz daha uzun vadeli sorunlara neden olabilir. Elbette buna rağmen bu felaketi kader deyip kabullenmek zorunda da değiliz. Deprem gibi doğal felaketleri tamamen ortadan kaldırmak bugün için söz konusu değilse dahi depremin olası etkilerini en aza indirgeyebilmek mümkün. Bunun için deprem öncesinde, sırasında ve sonrasında alınabilecek pek çok önlem var. Bu çalışma boyunca depremin yol açtığı/açabileceği felaketleri en aza indirgeyebilmek konusunda deprem öncesinde, sırasında ve sonrasında alınabilecek önlemleri, bugüne değin yapılan çalışmaları da göz önünde bulundurarak ele alıyorum.

Deprem öncesinde sırasında ve sonrasında yapılabilecek pek çok hazırlık ve önlem mevcut. Bunların bir kısmını bireysel çabalarımızla, bir kısmını da deprem konusundaki toplumsal farkındalığı artırmakla yapabiliriz. Ancak en kayda değer çözüm önerisini, elimizdeki teknolojik imkanlardan en iyi şekilde faydalanarak geçmişte belki imkan dahilinde olmayan, ancak bugün elimizin altında olan pek çok aracı geliştirmekle getirebiliriz. Günümüz yapay zeka teknolojileri, doğal felaketler karşısında bize yeni yol haritaları sunabilir.

## Deprem Hasarlarına Karşı Yeni Çözüm Yolları Arayışında Yapay Zeka Teknolojileri Bize Nasıl Yardımcı Olabilir?

### 1. Deprem Bölgelerinde Erken Uyarı Sistemlerinin Kullanımı (DEU)

Erken uyarı sistemlerinin kullanım amacı, deprem öncesinde alınabilecek önlemlere bir örnek teşkil eder. Buna göre depremin ilk gelen sismik dalgasını en az hatayla tanıyıp, onun nerede ve ne büyüklükte bir depreme ait olduğuna hızla karar verip gerekli noktalara iletilmesi amaçlanır. Deprem bilimciler bunu her deprem için yapma gayreti gösterir. Fakat erken uyarı için bu konuda daha hızlı ve akıllı otonom düzeneklere gereksinim vardır. Yapay zekâ da tam olarak bu noktada devreye girer.

Deprem Bilimcilerin (sismolog) görevleri arasında yazılım ve donanım teknolojisindeki tüm gelişmeleri kullanarak deprem olduğunda yayılan sarsıntı (sismik) dalgalarının yerleşim yerlerine ulaşmadan uyarı yapmayı sağlayacak akıllı ve karar verici düzenekler oluşturma araştırmaları yapmak yer alır. Deprem Erken Uyarı (DEU) düzeneğinin amacı, oluşan güçlü

bir depremin yarattığı sarsıntı dalgalarını (sismik dalgalar) yakalayarak, dalgalar yerleşme alanına gelmeden önce zarar görme tehlikesi olan alt yapı ve sistemleri devre dışı bırakma eylemini otomatik gerçekleştirmektedir. Bu amaca yönelik geliştirilebilecek daha akıllı düzenekler hakkında araştırmalar sürmektedir. Bu konuda benim de bazılarından faydalandığım raporlar ve makaleler yayınlanmakta, bilimsel toplantılar düzenlenmektedir.

Erken uyarı düzeneğinin başarıya ulaşması için şu dört unsur hayati önem taşır;

1. Tehlikeli olayın sinyallerinin kaydının, akıllı uyarı için düzeneğin kurulumunu sorunsuz gerçekleştirmiş ve 7/24 çalışır durumda olması,
2. Olayı tanıma ve karar verme için akıllı algoritma.
3. Uyarının iletimi için özel olarak geliştirilmiş iletişim teknikleri,
4. Halkın, yöneticilerin ve elbette altyapının en hızlı ve doğru şekilde korunmaya geçmesi ve bu konuda farkındalık ve kültür oluşturulması.

Sıralanan bu unsurların herhangi birinin eksiği ya da aksaklığı durumunda erken uyarı düzeneğinin başarıya ulaşması noktasında problemler yaşanacaktır.

Depremin aygıtlarla (sismograf) kaydının yapılmaya başlanması 20. yüzyılın başında gerçekleşmiştir. Günümüzde yeryüzüne dağılmış pek çok deprem kayıtçısı bulunmaktadır. Bu deprem kayıtçıları binlerce depremin analog ve sayısal kayıt arşivini yapmaktan sorumludur. Bu bilgi altyapısı sayesinde “depremlerin sismik dalgalarını tanıma” konusunda elimizde epey deneyim ve veri mevcuttur. Deprem bilimciler bunu her deprem için yapıyor olsa da, erken uyarı sistemlerini daha problem çözümüne yönelik kullanabilmemiz için bu konuda daha hızlı ve akıllı otonom düzeneklere gereksinim vardır.

### **Deprem erken uyarı (DEU) düzeneği nasıl çalışır?**

Günümüzde birçok ülkede kurulmuş pek çok deprem kayıtçısı tarafından (sismograf) oluşturulmuş deprem kayıt ağları, büyük bir çoğunluğu karasal ortamda olmak üzere yeryüzünde konumlanmıştır. Deprem gözlem merkezleri, deprem kayıtlarından gelen bu verileri uydular aracılığı ile alır, değerlendirir, hassasiyetle arşivler ve web sayfalarından günlük duyurusunu yaparlar. İnsanların algılayamadığı çok küçük depremler de dahil olmak üzere, her yıl binlerce deprem gözlem merkezlerinde arşivlenir ve araştırmacılara sunulur. Bu noktada insan kapasitesi bu kadar büyük verileri işleyebilecek potansiyele sahip olmadığından big data dediğimiz büyük verilerden fayda sağlayabilmenin tek yolu bu verileri yapay zeka teknolojileriyle işlemektir. Deprem olur olmaz en erken uyarıyı yapmak için deprem merkezlerinde deprem bilimciler ve uzmanlar tarafından gerçekleştirilen rutin değerlendirmeler dışında, özel donanımlardan ve karar verici akıllı algoritmalarından da faydalanmak gerekir. Bu amaçla deprem olma olasılığı yüksek bölgelere daha gelişmiş deprem kayıtçı ağlar kurulabilir ve bu ağlar 7/24 kayıt yapabilir. Bu alanda hali hazırda yapılmış çalışmalar da mevcuttur fakat yeterli değildir.

### **Deprem Erken Uyarı Uygulamalarında Teknik Zorluklar**

Erken uyarı için yapılması gereken hesaplama ve karar işlemleri hızlı aksiyon alabilmek için insan müdahalesi olmadan anlık olarak yapılmalıdır. Deprem olurken devreye giren DEU düzenekleri ne kadar gelişmiş olursa olsun, deprem merkezine çok yakın olan yerleşim bölgelerinde uyarı zamanı yaklaşık birkaç saniye olduğundan, doğrudan insan müdahalesine yönelik uyarı yapmak için işlevsel bir uygulama değildir. Bu noktada bize en kapsamlı faydayı ancak yapay zeka tarafından işlenen ve özellikle bulanık mantık çalışmalarından elde edilecek veriler sağlayabilir. Şu anda deprem bilimcilerin üstesinden gelmeye çalıştığı en önemli sorun, büyük depremler için P dalgasından elde edilen bilgilere ulaşmanın aksiyon alabilmek bakımından daha fazla süreye ihtiyaç duymasıdır.

## **Deprem Erken Uyarı Sistemlerinin Uygulandığı Ülkeler ve Sonuçlar**

Deprem erken uyarı sistemleri ile ilgili çalışmalar farklı ölçeklerde ve farklı yöntemlerle Meksika, Japonya, Türkiye, İran, Romanya, Çin, İtalya, Kore ve Tayvan gibi ülkelerde yapılmaktadır.

Kaliforniya eyaletinde 600 sismik istasyondan oluşmuş bir erken uyarı ağı depremden hemen sonra 3 dakikada, Tayvan'da ise 1 dakikada nerede ve ne şiddette bir sarsıntı olduğunu sayısal haritasıyla birlikte topluma, konu ile ilgilenenlere ve medyaya internet üzerinden sunmakta olduğu da araştırmalardan elde edilen sonuçlardan biridir.

Deprem kayıplarını azaltma programı çerçevesinde, Japon Ulusal Demiryolları tarafından Acil Deprem Saptama ve Alarm Düzenegi (UREDAS) adıyla 1990 sonrasında bir DAD prototipi uygulanmaya başlanmıştır. Bu tür bir düzenek örneğine göre, Japonya'da hızlı trenlerin elektrikleri deprem olur olmaz kesilmekte, yıkıcı deprem dalgaları tren mahalline ulaşmadan trenler durdurulmaktadır.

## **DEU uygulamalarında Öğrenen Makinelerin devreye girişi**

Yukarıda da bir kaç kez üzerinde durulmuş olduğu gibi, deprem erken uyarı uygulamalarında insandan daha hızlı hesap yapan, daha doğru sonuçlar elde edip karar veren ve uyarıyı en hızlı ileten bir DEU düzenegi kurmak gerekir. İşte bu noktada “yapay zekâ” başlığı altında öğrenen makineler (donanım+yazılım) devreye girer.

” Yapay zekâ süreci; bilgi kullanmayı, planlamayı, öğrenmeyi, akıl yürütmeyi, kendi kendini düzeltmeyi, doğal dil işlemeyi ve nesneleri hareket ettirme ve yönlendirme yeteneğini içerir. Bu bağlamda yapay zekâ algoritmaları yüksek ölçekte veriyle beslenerek düşünme ve veriyi analiz etme yeteneğine sahip olabilmektedir. Bu da karar sürecine çok daha hızlı katkıda bulunmayı sağlamaktadır.

Sismik dalgaların tüm özelliklerini, deprem bilimcilerin tüm deneyimlerini ve değerlendirme yöntemlerini bilgisayarlara öğreterek(makine öğrenimi), toplanan deprem verilerini daha işlevsel bir biçimde analiz etmek için yapay sinir ağları, istatistik, olasılık ve matematiksel optimizasyon araçlarını kullanmak ve böylece makineler aracılığıyla optimum karar mekanizmaları geliştirebiliriz. Bu bakımdan her yeni olay ve deneyim yapay zekânın biraz daha gelişmesini sağlamakta ve karar sürecini daha güvenilir hale getirmektedir. Gelişmiş bir yapay zekâ algoritmasının en önemli özelliği insan hatasını azaltıyor olmasıdır. Bu nedenle, büyük ölçüde veriye dayalı olarak alınan ve birçok karmaşık hesaplama yapılmasını

gerektiren durumlarda yapay zekânın önemi büyüktür. Bu noktadan hareketle P dalgasını kullanarak depremin başta büyüklüğü olmak üzere yerini ve derinliğini en az hatayla bulma yolunda tanıma yöntemlerini geliştirmek, bunu bilgisayarlara öğretmek ve yapay zekâ marifetiyle bu işlevi otonom duruma getirmek için deprem bilimciler çalışmalarını sürdürmektedir. Bazı araştırmacılar kaydedilen sismik dalga bilgileri yanı sıra uydulardan alınan GPS verilerini sismik verilerle eşlenik kullanma yolu üzerine de çalışmalar yapmaktadır.

Son zamanlarda DEU düzeneklerinde makine öğretimi ve derin öğrenme ile ilgili yeni yöntemler üzerinde yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Yapay zekâ yöntemleri içerisinde en çok kullanılan algoritmalarından biri yapay sinir ağları (YSA) yöntemidir. Yapay Sinir Ağları uygulamaları çerçevesinde geliştirilen birçok yeni yaklaşım ve yöntemler (CNN, DCNN-M, CRED, RNN, LSTM, DMSEEW, EEWNet, ConvNetQuake, tc, Pd, DeepShake, REIS) karşılaştırmalı olarak kullanılmakta ve sonuçları da deprem bilimciler ve uzmanlar arasında tartışılmaktadır. Örneğin, İtalya'da yapılan bir uygulamada 10-200 kilometre arasındaki uzaklıklarda büyüklükleri 3.8 ile 6.0 arasında değişen 128 depreme ait 2630 deprem kaydı kullanılarak yapılan incelemelerde, deprem dalgasının yapay zekâ yöntemleri ile çalışan akıllı algoritmalar yoluyla tanınmasında başarı oranı % 80'e ulaşmıştır. Bu çalışmada otonom deprem erken uyarı sistemi için elde edilen uyarı süreleri; 50 km uzaklıktaki yerleşimler için 8-10 saniye, 100 km uzaklık için 15-18 saniye olarak kaydedilmiştir. Türkiye ve çevresindeki coğrafyadaki doğal ve endüstriyel tehlikelerin varlığı açısından deprem başta olmak üzere tsunami, iklim değişimi, orman yangınları ve nükleer kazalar dahil her türlü tehlike için yapay zekâ uygulamaları ile birlikte erken uyarı düzenekleri geliştirme ve hayata geçirme noktasında daha fazla araştırma ve yayın yapılması gerektiğini, yapay zeka teknolojileri sayesinde insanın çözmeye potansiyelinin yetmediği pek çok felaketi yapay zeka teknolojileriyle çözebileceğimiz hususunda daha fazla toplumsal bir bilinç ve kültür oluşturulması gerektiğini düşünmekteyim.

### **Yapay Zeka Teknolojilerinin Kullanıldığı Diğer Kayda Değer Araştırmalar**

22 Şubat 2011 yılında meydana gelen Christchurch depremi, 2010 yılında Yeni Zelanda'da başlayan ve Canterbury Deprem Dizisi (CES) adı verilen deprem serisinin en büyük depremlerinden biri olmuştur. Bu deprem Christchurch şehri genelinde gerçekleşen sivilaşma nedeniyle meydana gelen hasarlar sebebiyle bu kadar önem kazanmıştır. Söz konusu deprem dizisi sonucunda meydana gelen doğrudan ve dolaylı kayıpların Yeni Zelanda'nın gayri safi milli hasılasının yüzde yirmilerine karşılık gelmesi, ortaya çıkan hasarların boyutunu daha açıkça ortaya koymaktadır. Bu depremle birlikte altyapı sistemlerinde de ciddi hasarlar meydana gelmiş ve yaklaşık 1730 km'lik ana boru hattından oluşan su şebekesinde 1500 civarı boru hasarı kayda geçmiştir. Deprem sonrasında toplanan veriler sayesinde daha detaylı analizlerin elde edilmesiyle birlikte yeni hasar ilişkileri de ortaya çıkmış ve var olanların bulguların da güncellenmesine imkân tanımıştır.

Kaynakların gösterdiğine göre depremde yer hareketlerinin bu sıklıkla tespiti ve deprem sonucu oluşan boru hasarlarının analizi ilk defa bu depremler sonucunda mümkün olmuştur. Boruların tepkileri göz önüne alınırken yatay yönde meydana gelen yer değiştirmeler birim şekil değiştirmeler (uzama oranları), düşey yöndeki yer hareketleri ise dönmeler olarak değerlendirilmektedir. Fiziksel olarak boru zemin ilişkisini tarif eden bu parametrelerin (birim şekil değiştirme ve dönmeler) kullanımıyla geliştirilmiş olan boru hasar ilişkileri gelecek depremler için üzerinde çalışılacak deprem senaryoları ve kayıp tahminleri için kayda değer

bir öneme işaret eder. Bu çalışmalara ek olarak kullanılan boru malzemelerinin, zemin şartlarının ve deprem hareketlerinin de göz önüne katıldığı kümeleme analizleri sayesinde gözlemlenen davranış arasında karşılaştırmalar yapay zekâ uygulamaları açısından önem kazanmıştır.

### **Kentsel Dönüşüm Projelerinde Bulanık Mantık Kullanımı**

Kentlerin daha güvenli ve yaşanabilir hale getirilmesi amacıyla hayata geçirilen kentsel dönüşüm projeleri afetlerden sonra değil, afetler ortaya çıkmadan önce sistemli ve hassas bir şekilde uygulanmalıdır.

Buradaki en önemli nokta, olası bir afet durumuna karşı risk içeren alanları ve bu alanların önceliklerini doğru bir şekilde belirlemekten geçer. Riskli alan belirleme çalışmalarında bulanık mantık ile yaklaşılmalı ve farklı kurumların farklı önceliklere göre belirlemekte olduğu riskli alanlar için standart oluşturabilecek bir model önerileri üzerinde de çalışılmıştır.

Bulanık mantık tabanlı geliştirilen modellerde yapı ortalama performans puanı, yerleşime uygunluk durumu ve nüfus yoğunluğu bilgileri sisteme girdi verileri olarak ele alınabilir. Keza bu alanda yapılan çalışmalar da mevcut. Bu girdi verileri değer aralıklarına göre derecelendirilerek bulanık bir küme oluşturulur ve kural tabanlı çalıştırılarak risk önceliği çıktısı elde edilir. Araştırma sonuçlarına göre C# programlama dili kullanılarak kullanıcının bulanık mantık tabanlı model tasarlamasında kolaylık sağlayacak bir arayüz geliştirilmiştir.

1999 Marmara depreminde meydana gelen can ve mal kayıpları, kentsel dönüşüm kavramının daha çok önem kazanmasına neden olmuş, buna göre bölgede yer alan kentleşme ve yerleşme sorunlarının görünür hale gelmesi ile birlikte daha çok tartışılmaya başlanmıştır. 2011 Van depreminden sonra ise devlet kentsel dönüşüm kapsamında eski binaların yenilenmesi ve izinsiz/riskli binaların yıkılması konusunda önemli kararlar almıştır. Ülkemizin büyük çoğunluğunun 1. ve 2. derece deprem kuşağı içerisinde yer alması nedeniyle de Çevre ve Şehircilik Bakanlığı kentsel dönüşüm uygulamalarında yapı ve alan bazında risk içeren bölgelere öncelik vermiştir.

Türkiye, 1980-2000 yılları arasında dünyada kentleşme oranı en yüksek ülkeler arasında üçüncü sırada yer almıştır. 2015 itibarıyla da Türkiye'de kentleşme oranı %92,1'e ulaşmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu Web Sitesi). Kentlerin nüfuslarında her geçen gün meydana gelen bu artış konut sıkıntısı yaratmaktadır. Bu nedenle de toplum küçük hanelerde büyük sayılarda yaşamakta ya da kaçak yapılaşmaya yönelmektedir. Bu durum ise olası bir afet ya da yapıdan kaynaklı çökme ve yıkılmalar sonucunda oluşacak can kaybını artmasına zemin hazırlamaktadır. Her geçen gün artan kent nüfusu ile birlikte mevcut konut stoğu ve kalitesi kentsel dönüşümün güvenlik boyutu ile doğrudan ilgilidir. Türkiye'nin yer alan toplam konut stokunun %8'i 2001 yılı sonrasında inşa edilmiştir. Bu binalarda ise ülke nüfusunun %22'si yaşamaktadır. En büyük 10 kentin toplam nüfusu dikkate alındığında ise ülke nüfusunun yaklaşık yarısı bu kentlerde yaşamaktadır. Ancak konut stokunun yalnızca %11'i 2001'den sonra ve gerekli deprem güvenlik kurallarına uygun olarak inşa edilmiştir. 2035 yılına kadar ülke çapında kentsel dönüşüm kapsamında yaklaşık 6.7 milyon konut biriminin yıkılıp yeniden yapılacağı tahmin edilmektedir. Ancak ilgili kanunlar incelendiğinde riskli alan tespitinde referans alınacak kriterlerin risklilik seviyesine olan etkisi açık bir şekilde belirtilmemektedir. Birden fazla kurumun riskli alan tespiti yapma yetkisine sahip olduğu

değerlendirildiğinde kentsel dönüşümün amaca uygun olarak gerçekleştirilmesi ve olası afetlere karşı maksimum düzeyde önlem alınabilmesi için bir Karar Destek Sistemi'ne ihtiyaç olduğu görülmektedir. Yönetmeliklere baktığımızda, riskli alanların belirlenmesinde önceliklerin belirlenmesinin önemine vurgu yapılırken, bu önceliklerin nasıl yapılacağına dair bir netlik bulunmadığı ortaya çıkmaktadır. Bu noktada Bulanık Mantık yöntemine yönelik bilimsel çalışmalar, yönetmeliklerde ortaya çıkan boşluklar noktasında bize yardımcı olabilir.

Kentsel dönüşümde riskli alan önceliklerinin belirlenmesi için Bulanık Mantık Tabanlı Sistem Tasarımı öncelikle doğru ve sayısal verilere dayalı ortak bir yöntem ile riskli alan tespitine sonrasında ise dönüşüm çalışmasının sağlıklı bir şekilde uygulanmasına dayanan bir çalışmadır. Doğal afetler vb. diğer olaylar sonucunda meydana gelebilecek can ve mal kaybına karşı maksimum önlem alabilmek için kentsel dönüşüm uygulamaları afetlerden önce yapılmalıdır. Bunun için ilk koşul ise olası bir afet durumuna karşı risk teşkil eden alanları ve bu alanların önceliklerini doğru bir şekilde belirlemektir. Bu çalışmada riskli alan belirleme işlemine "Güvenlik" teması dikkate alınarak yapay zeka yöntemlerinden biri olan Bulanık Mantık yöntemi ile yaklaşılmış ve farklı kurumların farklı önceliklere göre belirlemekte olduğu riskli alanlar için bir standart oluşturma önerisi getirilmiştir.

Klasik mantığın keskin ve net sonuçlar vermesi (siyah-beyaz, 0-1, az-çok gibi), günlük yaşamda karşılaşılabilen problemlerin modellenmesinde kısıtlar getirmektedir. Nitekim günlük yaşamda siyah ve beyaz dışında ara tonların, 0 ve 1 aralığında derecelendirmelerin, çok az-az-orta-çok gibi sınıflandırmaların olabileceği pek çok durumla karşılaşılmaktadır. Bütün bunlardan hareketle, problemlerin klasik mantıkta olduğu gibi keskin ve kesin değerler ile modellenmesi yerine, ara değerler ile derecelendirmenin daha doğru sonuçlar vereceği görülmüş ve günlük yaşam problemlerinin Bulanık Mantık yaklaşımı ile modellenebilmektedir.

Bulanık mantık genel olarak mühendislik, tıp, sosyoloji, işletme, uzman sistem, sinyal işleme, ulaştırma, sinyalizasyon gibi birçok farklı alanda kullanılabilmektedir. Bulanık mantık üzerine yapılan ilk çalışma 1974 yılında Mamdani tarafından buhar makineleri üzerine olmuştur. Sonrasında çalışmaların devamı gelmiş olup 1976 yıllarında sırasıyla Ilık Su İşlemi, Isı ve Basınçla yapıştırılmış maden parçaları üreten fabrika, robot üretimi, 1977 yıllarında Trafik Kavşağı, Isı Değiştiricisi, 1980 yılında Çimento Sanayi, 1983 ve 1984 yıllarında Otomobil ve Uçak üretimlerinde, 1988 yıllarında Asansör Kontrolü ile Güç Sistemleri ve Nükleer Kontrol alanlarında bulanık mantık yaklaşımı kullanılmıştır. Subaru ve Nissan firmalarının gerçekleştirdikleri otomobil vites sisteminde, araba kullanım stiline ve motor yükünün sezilerek uygun dişli oranının seçimi, Nissan tarafından gerçekleştirilen ABS fren sistemleri, Fujitsu, Toshiba, Hitachi ve Mitsubishi'nin gerçekleştirdikleri büyük asansör denetim sistemleri, Matsushita firmasının dizayn ettiği çamaşır makinesinde çamaşırın kirliliğine, ağırlığına ve kumaşın cinsine göre yıkama programı seçen sistemler bulanık mantığın kullanıldığı örneklerdendir. NASA'da bir grup araştırmacı, Bulanık Mantıktan yararlanarak, uzay mekiğinin yakıt tüketimini üç kat azaltmayı ve sistem güvenilirliğinin artmasını sağlamışlardır.

Deprem sonrası yapılardaki hasar tespiti için Bulanık Mantık Yöntemi'nin uygulanabilirliği (Kömür ve Altan, 2005) araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre karmaşık sistemlerde bulanık mantığın klasik mantığa göre insan düşüncesi ve yargısına daha uygun sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Elbette tüm bu kriterler değerlendirilirken maksimum doğruluk ve verimlilik için uzman görüşleri kullanılmalıdır. Ancak karmaşık sistemler için farklı

kurumlardan farklı uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmelerin homojen bir sonuç üretmeyeceği, dolayısıyla kentsel dönüşümün amacına ulaşması konusunda sorunlar ortaya çıkabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle de bulanık mantık yönteminin riskli alanların belirlenmesinde ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

## **Bulanık Mantık Sistemi**

Temel olarak aşağıdaki kavramları içermektedir:

**Giriş/Veri Tabanı:** zerinde çalışma yapılacak olan olayın girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki bilgileri içermektedir. Bu ifadeye veri tabanı veya kısaca giriş olarak adlandırılmaktadır. Genel veri tabanı denilmesinin nedeni ise sayısal veya sözel bilgileri içermesidir.

**Bulanıklaştırıcı:** Oluşturulan sistemdeki giriş verilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işleminin gerçekleştirildiği bölümdür.

**Bulanık Kural Tabanı:** Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan EğER- İSE şeklinde oluşturulan kuralların tümünü ifade eder. Bu kurallar oluşturulurken girdi ile çıktı verileri arasında olabilecek tüm olasılıkları düşünülerek oluşturulur. Dolayısıyla her bir kural girdi verisinin bir elemanını çıktı verisine mantıksal olarak bağlar. Oluşturulan bu kuralların tümüne kural tabanını oluşturmaktadır.

**Bulanık ıkarım:** Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan sistemin parça ilişkilerini bir bütün olarak toplaması sonucu sistemin bir çıkış olarak davranmasını temsil eden bir mekanizmadır. Bu mekanizma her bir kuralı bir arada toplayarak sistem için belirlenen girdilerin altında nasıl çıktı vereceğinin belirlenmesine yaramaktadır.

**Durulaştırma:** Bulanık ıkarım mekanizmasının bulanık küme ıkışları üzerinde değişiklik yapması sonucu gerçek değerlere dönüştürüldüğü bölümdür.

**ıkış:** Girdi ve kural tabanlarının bulanık çıkarımı sonucunda elde edilen çıktı değerlerinin tümünü içerir.

Bulanık mantık ile geliştirilecek bir Karar Destek Sistemi sayesinde sadece ihtiyaç olduğu düşünülen bölgeler için anlık risk belirleme çalışmaları değil aynı zamanda mevcut dönüşüm çalışmalarına eř zamanlı olarak diğer bölgeler için veri toplanarak risk değerlendirmesi ve analizi yapılabilir. Bununla birlikte il, ile, bölge ve ülke için bir “Risk Veritabanı” oluşturulabilir. Bu çalışmada önerilen modelin gerçek veriler ile test edilmesi konusunda çalışmalar sürdürülmektedir.

## **KAYNAKÇA**

1. KENTSEL DöNüşüM’DE RİSKLİ ALAN ÖNCELİKLERİNİN BELİRLENMESİ İÇİN BULANIK MANTIK TABANLI SİSTEM TASARIMI 1Halil İbrahim SOLAK, 2Ayşegl ALAYBEYOğLU

2. 2011 Christchurch, Yeni Zelanda Depreminde Oluşan Boru Hasarları ve Modellerle Karşılaştırılması Selçuk Toprak<sup>1\*</sup>, Engin Nacaroglu<sup>2</sup> , Muhammet Ceylan<sup>3</sup> , Gizem Dünder
3. Deprem için erken uyarı ve yapay zeka uygulamaları -Prof. Dr. Haluk Eyidoğan  
İTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü E. Öğretim Üyesi