

İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma¹

Dr. Öğr. Üyesi Nurullah UMARUSMAN²

Dr. Öğr. Üyesi Hakan SELDÜZ³

Özet

Bir kurumun mali ve mali olmayan bütün faaliyetlerini kapsayan iç kontrol kavramı 1990'lı yıllardaki finansal skandalların yanı sıra 2008-2009 küresel ekonomik krizinin muhasebe temelli sebepleri nedeniyle daha da önem kazanmıştır. Risk değerlendirmesi iç kontrolün beş unsurundan biridir. Risklerin tanımlanması ve ölçülmesini içerir. Tanımlanan risk kriterlerinin ortaya çıkma olasılığı ve ortaya çıktığında yaratacağı etkinin şiddeti şeklinde iki bileşeni olduğu kabul edilir. İlgili bireyler tarafından bir oylama formu üzerinde puanlama yapılarak her bir risk kriterinin iki bileşenine ait kesin nümerik değerler elde edilir. Bu girdiler ile oluşturulan risk matrisleri, risk değerlendirmede yaygın olarak kullanılan bir ölçüm mekanizmasıdır. Ancak, risk terim itibarıyla belirsizlik ifade ettiğinden; risk bileşenlerine ait girdilere tamamen bireysel önyargılara dayanan kesin nümerik değerlerin doğrudan atanmasının gerçekçi ve güvenilir sonuçlar vermeyeceğı yönünde tartışmalar bulunmaktadır.

Kesin olmayan sınırlara sahip elemanların oluşturduğu bulanık küme, belirsizlik kavramının değerlendirilmesinde bir dönüm noktasıdır. Üyelikten üye olmamaya dereceli olarak geçişi açıklama yeteneğı sayesinde belirsizlik kavramlarının anlamlı bir şekilde tanımlanmasına ve ölçülmesine imkân vermektedir. Bu nedenle, bulanık küme teorisi temelinde geliştirilmiş olan bulanık çıkarım sistemleri belirsizliklere ve insan davranışına uygundur. Dilsel verilerden sağlanan kalitatif girdilerin, çalıştırılabilir bir kural tabanlı sistem haline getirilmesini mümkün kılmaktadır. Kesin ve/veya bulanık girdiler kullanılarak bulanık çıktılar elde edildikten sonra bulanık kümeyi doğru temsil edecek kesin değerleri belirlemek amacıyla durulaştırma yapılır. Literatürde, bulanık çıkarım sistemlerinin çeşitli mühendislik alanlarından finansa kadar farklı konulardaki risk değerlendirme faaliyetlerine uygunluğunu ispatlayan çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı iç kontrol sistemi kapsamındaki risk değerlendirme faaliyetlerinde bulanık çıkarım sistemlerinin kullanılmasının etkinliğinin araştırılmasıdır. Amaç ve kapsam doğrultusunda, öncelikle ilgili literatür incelenmiştir. Ardından bir örnek üzerinde önce geleneksel yöntemle sonra da kabul görmüş bir bulanık çıkarım sistemi olan Mamdani Yöntemine başvurularak risk değerlendirmesi yapılp risk matrisleri oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : İç kontrol; risk değerlendirmesi; bulanık çıkarım sistemi; Mamdani yöntemi.

Jel Sınıflandırması : C13, M14, M42, M48.

¹ Bu makale 28-30 Nisan 2018 tarihleri arasında Antalya'da düzenlenen I. Uluslararası Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Sempozyumu'nda sunulan bildirinin geliştirilmiş halidir.

² Aksaray Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, nurullah.umarusman@aksaray.edu.tr

³ Aksaray Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, selduz@hotmail.com

Using Fuzzy Inference Systems For Risk Assessment Within Internal Control And An Example

Abstract

Internal control concept, that comprises all financial and non-financial activities in a corporation, has gained more importance because of accounting based reasons of 2008-2009 global economic crisis in addition to financial scandals in 1990s. Risk assessment is one of the five elements of internal control. It includes identifying and measurement of risks. It is assumed that identified risk criteria have two components as likelihood of occurrence and severity of effect when occurred. Crisp numeric values for the two components of each risk criteria are obtained through giving points by related individuals on a scoring form. Risk matrixes, which are generated with these inputs, are a commonly used measurement mechanism in risk assessment. However, there are debates about directly assigned crisp numeric values totally based on individual prejudices to inputs which represent risk components would not give realistic and reliable results because risk, as a term, signifies uncertainty.

Fuzzy set that is formed by elements which have fuzzy boundaries is a milestone in apprising the concept of uncertainty. Because of its ability to explain the progressive transition from membership to non-membership; it enables uncertainty concepts to be meaningfully identified and measured. Fuzzy inference systems, which are developed on the basis of fuzzy set theory, are therefore appropriate for uncertainties and human behaviors. It renders possible to transform qualitative inputs, which are obtained from linguistic data, into an executable rule-based system. After fuzzy outputs are obtained by using crisp and/or fuzzy inputs, clarification is made in order to define crisp values which will properly represent the fuzzy set. There are many studies in literature which prove appropriateness of fuzzy inference systems for risk assessment activities in different subjects from various engineering fields to finance.

The aim of this study is to explore the effectiveness of using fuzzy inference systems in risk assessment activities within the internal control system. In accordance with the purpose and scope of the study, firstly the related literature is reviewed. Then, risk assessment is performed and risk matrixes are formed over an example first with traditional method and later with applying Mamdani Method, which is a well-accepted fuzzy inference system, and the obtained results are compared.

Key Words : Internal control; risk assessment; fuzzy inference system; Mamdani method.

Jel Codes : C13, M14, M42, M48.

İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma

Giriş

1990'lı yıllarda yaşanan finansal skandallardan sonra dünyada iç kontrole verilen önem artmıştır. Bu durum gerek çıkarılan yasalarda gerek benimsenen yönetim yaklaşımları ve tekniklerinde de kendini göstermiştir. 2008-2009 küresel ekonomik krizinin ardından ise kurumsal yönetim (Corporate Governance), risk yönetimi ve kurumsal risk yönetimi (Enterprise Risk Management-ERM) anlayışları oldukça yaygınlaşmıştır. Kurumsal Yönetim anlayışı; adillik, şeffaflık, hesap verilebilirlik ve sorumluluk ilkelerine dayanmaktadır. Bu ilkeler doğrultusunda tüm paydaşların haklarını korumaya yönelik bir yönetim faaliyeti tesis etmek amaçlanır. O yüzden Kurumsal Yönetim anlayışının yaygınlaşmasıyla birlikte iç kontrole verilen önem de aynı oranda artmış; geleneksel mali iç kontrolden risk yönetimine doğru yol alınmıştır.

İç kontrol sistemi, mali ve mali olmayan tüm işlemlere ait sorumluları tanımlayarak hesap sorulabilirlik sağlar. Böylelikle, yolsuzlukların veya hatalı kararların önlenmesi amaçlanır. İç kontrol sistemlerinin etkinliği büyük ölçüde risk değerlendirme aşamasının başarısına bağlıdır. Risk değerlendirme faaliyetleri, risklerin tanımlanması ve değerlendirilmesinden ibarettir. Çağdaş yönetim anlayışlarında, kurumların maruz kalabileceği risklerin aynı zamanda fırsatları da içerdiği kabul edilmektedir. Eğer riskler gerçekçi bir şekilde tanımlanamaz ve en doğru şekilde değerlendirilmezse; riskleri önleme, etkilerini azaltma ve fırsatları değerlendirmeye yönelik eylem planları hazırlanamaz.

Tanımlanan risk kriterlerinin “ortaya çıkma olasılıkları” ve ortaya çıkmaları halinde meydana getirecekleri “etkinin şiddeti” şeklinde iki bileşeni olduğu varsayılmaktadır. Bu iki bileşenin ölçülmesi, risk değerlendirme faaliyetlerinin “değerleme” adımıyla yapılır. Bu adımda risk haritaları veya risk matrisleri olarak adlandırılan araçlar kullanılmaktadır. Her bir risk kriterinin iki bileşenine ait nümerik değerler tespit edilip risk matrisleri üzerine yerleştirilerek risk değerleri netleştirilmeye çalışılır. Ancak bireysel yargılardan meydana gelen dilsel verilere ait nümerik değerlerin belirlenmesinde bazı güçlükler yaşanmaktadır. Ayrıca, her bir risk kriterinin iki bileşeni hakkındaki bireysel görüşlerin sübjektiflik içerdiği ve bunların ölçümüne yönelik metrik sistemlerin bulunmadığı da unutulmamalıdır.

Risk teriminin belirsizlik anlamını içermesi ve bireysel görüşlere dayalı dilsel verilere nümerik değerler atanmasında yaşanan güçlükler nedeniyle; risk değerlendirme

faaliyetlerinde “bulanık çıkarım sistemlerine” başvurulduğu grlmektedir. Kesin olmayan sınırlara sahip elemanların oluşturduğu bulanık küme, belirsizlik kavramının değerlendirilmesinde bir dönüm noktası olarak kabul edilir. Bulanık küme teorisi; üyelikten ye olmamaya dereceli olarak geçişi açıklama yeteneğine sahiptir. Bu özelliği sayesinde belirsizlik kavramlarının anlamlı bir Şekilde tanımlanmasına ve llmesine imkân sağlamaktadır. Bulanık küme teorisi temeline dayanan “bulanık çıkarım sistemleri” ise belirsizliklere ve insan davranışına uygundur. Dilsel verilerden elde edilen kalitatif girdilere nümerik değer aralıkları atanarak çalıştırılabilir bir kural tabanlı sistem haline getirilmesini mümkün kılmaktadır. Kesin ve/veya bulanık girdiler kullanılarak bulanık çıktılar elde edilir ve daha sonra bulanık kümeyi doğru temsil edecek kesin değerleri belirlemek amacıyla durulaştırma yapılır. Çeşitli mühendislik alanlarından finansa kadar farklı konulardaki risk değerlendirme faaliyetlerinde bulanık çıkarım sistemlerinin kullanımını araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu çalışmada, bulanık çıkarım sistemlerinin iç kontrol kapsamındaki risk değerlendirme faaliyetlerine uygunluğu incelenmektedir. nce i kontrol ve iç kontrol kapsamındaki risk değerlendirme faaliyetleri açıklanmış; ardından bir literatür taramasıyla risk değerlendirme faaliyetlerinde bulanık çıkarım sistemlerinin uygulanmasını inceleyen önceki araştırmalar özetlenmiştir. Son olarak bir örnek üzerinde önce geleneksel yöntemle sonra da kabul görmüş bir bulanık çıkarım sistemi olan Mamdani yöntemine başvurularak risk değerlendirmesi yapılıp risk matrisleri oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1. Kavramsal ereve

Bu başlık altında önce i kontrol sistemi kavramı; sonra iç kontrol sürecindeki risk değerlendirme faaliyetleri özetlenmiştir.

1.1. İç Kontrol

Amerikan Sertifikalı Muhasebeciler Enstitüsü (AICPA), Treadway Komisyonunu Destekleyen Kuruluşlar Komitesi (COSO), Kanada Sertifikalı Muhasebeciler Enstitüsü Kontrol Kurulu (CICA-CoCo), ABD Sayıştayı (GAO), Uluslararası Sayıştaylar Birliği (INTOSAI), İ Denetçiler Enstitüsü (IIA) ve Avrupa Komisyonu gibi bazı kuruluşların çalışmalarında i kontrolün çeşitli tanımları yapılmıştır. Bunlardan hareketle genel olarak iç kontrol, kurumsal faaliyetlerin mevzuat ve etik ilkeler doğrultusunda verimli ve etkin

İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma

bir biçimde sürdürülebilmesi ile mali ve mali olmayan bilgilerin güvenilirliği hakkında yeterli ve makul seviyede bir güvence sağlanması amaçlarına yönelik, kurumsal boyutta benimsenmiş politikalar, prosedürler, uygulamalar ve yöntemlerden oluşan birçok sistemi bünyesinde barındıran ve süreklilik arz eden bir süreç şeklinde tanımlanabilir (Kesik, 2005; Yaman, 2008; Dabbağoğlu, 2009; Güner, 2009; Atmaca, 2012; Özkardeş, 2017). Yöneticilerin kurumu yönetebilmelerine ve muhtemel riskleri göğüsleyerek kurumsal amaçlara ulaşmada sürekliliği sağlayabilmelerine yardımcı olmak üzere örgütsel altyapının bir parçasını teşkil eder. Yönetim faaliyetinin kontrollü bir biçimde sürdürülmesine yönelik bir yönetim aracı olarak da değerlendirilebilir (Korkmaz, 2007; Demir, 2010; Akyel, 2010). Kurumun faaliyetlerine değer katmak ve bu faaliyetleri geliştirmek üzere tasarlanmış bağımsız ve objektif bir güçlendirme ve danışmanlık süreçleri olarak da düşünülebilir (Karacaer ve İbrahimoglu, 2003).

İç kontrol sistemi kurumun işlevsel, teknik, ticari, mali ve yönetsel bütün faaliyetlerini kapsayan, içlerine nüfuz ederek bunları tamamlayan; risklerin yönetilmesine yardımcı olarak kurumsal hedeflere ulaşılmasına katkıda bulunan, riskleri karşılamak için makul bir güvence sağlayan ve mevcudiyeti zorunlu görülen bir süreçtir (Akyel, 2010). Birbirleri ile uyumlu ve birbirlerini destekleyen önlemlerden oluşan; risk yönetimi ve kurumsallaşma konularında büyük öneme sahip; önleyici, saptayıcı, yönlendirici ve tamamlayıcı faaliyetlere dair kontrolleri içeren bir sistemdir (Atmaca, 2012; Özkardeş, 2017). Kurumun varlıklarını korumak, mali bilgilerinin doğruluğunu sağlamak, faaliyetlerin verimliliğini artırmak ve yönetsel politikalara bağlılığı özendirmek amacıyla benimsenmiş bütün tedbir ve yöntemleri ifade eder (Dabbağoğlu, 2009). İç kontrol sistemi yalnızca bir yönetmelik ve formlar bütünü değil; kurum çalışanları ile etkileşime açık bir süreçtir (Güner, 2009).

1990'lı yıllarda yaşanan finansal skandallardan sonra dünyada iç kontrole verilen önem artmış ve bu durum çıkarılan yasalarda da kendini göstermiştir. 2008-2009 küresel ekonomik krizinin ardından ise, krizin muhasebe ve finans temelli nedenleri ekseninde yeni düzenlemeler yapılmıştır (Can, 2010). Bu olaylar kurumsal yönetim (Corporate Governance), risk yönetimi ve kurumsal risk yönetimi (Enterprise Risk Management-ERM) anlayışlarının yaygınlaşmasına ve geleneksel mali iç kontrolden risk yönetimine doğru yol alınmasına neden olmuştur (Power, 2013). Etkin bir iç kontrol sistemi, mali ve mali olmayan tüm işlemlere ait sorumluları tanımlayarak hesap sorulabilirlik sağlar.

Böylelikle, yolsuzlukların veya hatalı kararların önlenmesine önemli katkıda bulunur (Usul vd., 2011; Arena vd., 2017). Dolayısıyla, kurumsal yönetim ilkeleri benimsenerek risk yönetimi ile entegre bir biçimde tesis edilecek etkin bir iç kontrol sistemi güvenilirlik düzeyini artırarak kurumsallaşma derecesine de katkı sağlar (Arena vd., 2010; Atmaca, 2012; Cengiz ve Aslanoğlu, 2017; Görmen, 2017; Karcıoğlu ve Kurnaz, 2017; Özkardeş, 2017).

İç kontrol ile karıştırılan ve benzer görünse de farklı bir kavram olan iç denetimin de amacı; yine kurumun faaliyetlerine değer katmak ve geliştirmektir. Mevzuat ile ekonomiklik, etkinlik ve verimlilik hedeflerine uygunluk açısından kurumun nasıl yönetildiğini değerlendirerek üst yönetime rehberlik eden bağımsız ve objektif bir güvence sağlayan danışmanlık faaliyetidir. Yani iç denetimin görevlerinden biri de iç kontrol sisteminin değerlendirilmesi ve sonuçların üst yönetime sunulmasıdır (Norman vd., 2010; Akçakanat, 2012). İç kontrol sistemi, kurum faaliyetleri devam ederken sürece dâhildir ve bu faaliyetlerin seyrine müdahale ederek amaç ve hedeflerden sapmaları engelleyebilir veya düzeltebilir. Ancak, iç denetim faaliyetler tamamlandıktan sonra başlar. İç denetim kurumun amaçlarından ve yönetiminden bağımsız hareket eder fakat iç kontrol kurum yönetiminin bir parçasıdır (Karacaer ve İbrahimodđlu, 2003; Dabbağoğlu, 2009; Güner, 2009; Bayrakçı ve Demirel, 2017; Özkardeş, 2017). Özellikleri bakımından bu iki kavramın karşılaştırılması Tablo 1’de özetlenmiştir. Etkin bir iç kontrol sistemi, iç denetimin başarısı üzerinde etkili olacaktır (Kesik, 2005). Kurumsal yönetim ilkeleri ve değer katmaya yönelik denetim anlayışı nedeniyle; iç denetim, iç kontrol ve ERM sistemlerinin ayrı süreçler olarak ama beraberce ve uyum içerisinde çalıştırılması arzulanır (Allegrini vd., 2006; Görmen, 2017; Karcıoğlu ve Kurnaz, 2017).

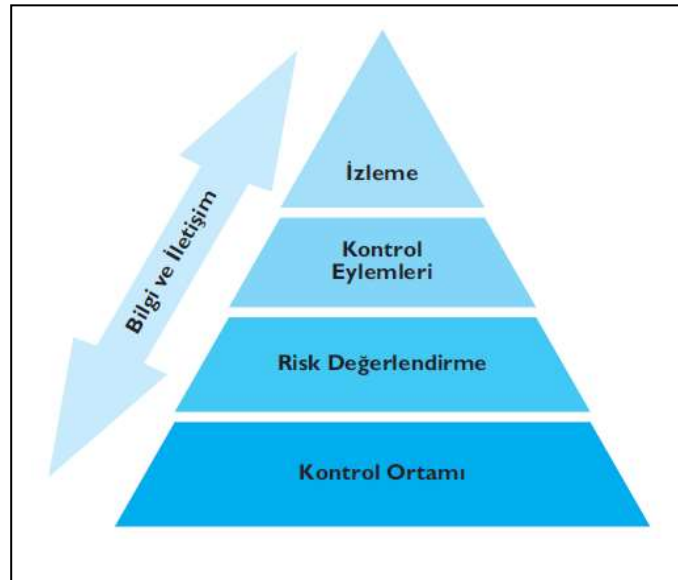
Tablo 1: Özellikleri Bakımından İç Denetim ve İç Kontrolün Karşılaştırılması

İç Denetim	İç Kontrol
1. Bilginin doğruluğunu ve güvenilirliğini test edip, yönetime güvence vermek.	1. Bilginin doğruluğunu ve güvenilirliğini sağlamak.
2. Plan, program ve mevzuata uygunluğu test etmek.	2. Plan, program ve mevzuata uygunluğu gerçekeştirmek.
3. Etkinlik ve verimliliği teşvik ederek artı değer kazandırmak.	3. Etkinlik ve verimlilik sağlamak.
4. Risk denetimi suretiyle bağımsız ve tarafsız faaliyette bulunmak.	4. Başta yönetimce belirlenen hedeflere ve iç ve dış denetime hizmet etmek.

İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma

Kaynak: Toroslu, 2014: 5

İç kontrol sistemlerinin kurulmasında, farklı yaklaşımlar doğrultusunda tercih edilen farklı iç kontrol modelleri vardır. Bunlardan COSO İç Kontrol Modeli, ABD'nin önde gelen beş muhasebe ve denetim kuruluşundan (AICPA, Amerikan Muhasebeciler Birliği-AAA, Uluslararası Finansal Yöneticiler Birliği-FEI, IIA ve Yönetim Muhasebecileri Enstitüsü-IMA) meydana gelen COSO tarafından, kurumsal yönetimi yerleştirebilmek ve hileli raporlamayı azaltabilmek amacıyla geliştirilmiştir (Hayne ve Free, 2014). Kanada'da CICA tarafından geliştirilen CoCo, Bilgi Sistemleri Denetimi ve Kontrolü Kurumu (ISACA) tarafından önerilen CobiT, Japonya'da JSOX, Büyük Britanya'da Turnbull Raporunda öngörülen model, AICPA'nın önerdiği SysTrust, Cadbury, Sarbanes-Oxley, GAO, eSAC, Avustralya İç Denetçiler Enstitüsü (ACC) gibi diğer iç kontrol modelleri COSO Modelini örnek almıştır. Türkiye'de de Kamu İç Kontrol Standartlarının oluşturulmasında COSO İç Kontrol Modeli temel alınmıştır (Yaman, 2008; Atmaca, 2009; Dabbağoğlu, 2009; Güner, 2009; Örenay, 2010; Kara, 2011; Cömert, 2013; Türedi vd., 2015). COSO modelinin beş unsuru bulunmaktadır. Bunlar, birbirini takip eden ardışık, münferit ve bağımsız aşamalar değil; belirli bir eşgüdümle yürütülmesi gereken ve birbirleriyle girift ilişkiler sergileyen bileşenler olarak düşünülmelidir. Bu beş bileşen Şekil 1'de gösterilen COSO iç kontrol piramidi ile betimlenmektedir.



Şekil 1: COSO İç Kontrol Piramidi. Kaynak: Cömert, 2013: 56.

COSO modelinin üç amacı vardır. Birincisi, kurum faaliyetlerinin mevzuata ve etik ilkelere uygun bir şekilde sürdürülmesi; ikincisi bu faaliyetlerin etkin ve verimli yani başarılı olmasıdır. Üçüncüsü ise bu faaliyetlerle ilgili güvenilir mali bilgiler sağlanmasıdır. COSO modelinin aşağıda açıklanan beş temel bileşeni bu üç temel amaç doğrultusunda kurum birimleri ve işlevler boyutuyla birlikte Şekil 2’de verilen COSO kontrol küpünü oluşturmaktadır (COSO, 1992; 2004; 2013).



Şekil 2: COSO İç Kontrol Küpü. Kaynak: Kamu İç Kontrol Rehberi, 2014: 57.

- **Kontrol ortamı:** İç kontrolün temel unsuru olup zemini oluşturur. Çalışanların görev ve sorumluluklarını yerine getirebilecekleri ortamı ifade eder. Dürüstlük ve etik değerler, yetkinlik, yönetim kurulu ve denetim komitesinin oluşumu, yönetim felsefesi ve çalışma tarzı, örgütsel yapı, yetki ve sorumlulukların dağıtılması, insan kaynakları politikaları ve uygulamaları kontrol ortamını meydana getirir (Güner, 2009; Cömert, 2013).
- **Risk değerlendirme:** Bir kontrol ortamı için; örgütsel amaçların belirlenmesi, iç-dış risklerin tanımlanıp ölçülmesi ve çözümlenerek tedbir alınması şeklinde zincirleme olaylardan oluşur (McNamee, 1997; Kesik, 2005). Riskin ortaya çıkma olasılığı ve ortaya çıkması halinde kurum üzerinde neden olacağı etkinin şiddeti belirlenir (Yaman, 2008; Keskin, 2010). Risk değerlendirme bileşeni sadece iç kontrol değil aynı zamanda iç denetim faaliyetlerinin de başarısı üzerinde doğrudan etki sahibidir (Knechel, 2007; Cömert, 2013).

İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma

Risk tanımlandığında, risk yöneticileri onu değerlendirmelidirler. Potansiyel kaybın ve gerçekleşme ihtimalinin ölçülmesi anlamına gelen bu işlem, değerlendirme önceliklerinin sıralanmasını gerektirir. Bu sıralama aşağıdaki gibi belirtilebilir (Emhan 2010): Çok önemli riskler: İflasla sonuçlanabilecek önemli riskleri kapsar, Önemli riskler: İflasla sonuçlanmayacak firmayı borca sokacak risklerdir, Önemsiz riskler: Mülkiyeti veya günlük gelirleri etkileyen finansal risklerdir.

- **Kontrol faaliyetleri:** Kurum amaçları doğrultusunda yönetsel talimatların başarılmasına yönelik süreçler, politikalar, prosedürler ve ilkelerden oluşur (Güner, 2009; Atmaca, 2012). Önleyici, saptayıcı ve düzeltici tipte olabilirler (Kesik, 2005; Akyel, 2010). Faaliyetler, finansal raporlama ve uygunluk ile ilgili kontroller olmak üzere kurumun üç temel amacına göre sınıflandırılırlar. Bu doğrultuda; net görev tanımlarının yapılması, gerekli düzeyde yetki göçerilmesi, belgelendirerek kaydetme, varlıkların ve kayıtlarının fiziki kontrolü, yapılan işlerin bağımsız kişilerce kontrol edilmesi gibi elle ya da otomatik olarak yapılan bazı eylemleri içerirler (Cömert, 2013).
- **Bilgi ve iletişim:** Kontrollerin etkili olabilmesi amacıyla, kurum içerisindeki en üst ve alt düzeyler arasında tesis edilecek çift yönlü bilgi akışını ifade eder. Yapılan işin niteliği ve gerekliliğine göre her bir düzeye ihtiyaç duyduğu uygun, güncel, doğru ve elde edilebilir bilgiler zamanında sağlanır ve çift yönlü bilgi akışı için gerekli iletişim imkân ve prosedürleri oluşturulur (Yaman, 2008; Akyel, 2010; Cömert, 2013).
- **İzleme:** Dinamik bir süreç olan iç kontrol sisteminin değişimlere ayak uydurabilmesini ve sürekli iyileştirilebilmesini sağlamak amacıyla yapılan gözetimden oluşur (Güner, 2009). Sürece müdahale fırsatı veren sürekli izleme ve belirli süreler sonunda yapılan ayrı değerlendirmeler olarak iki şekilde yapılır. İç kontrol sisteminin öz değerlendirme fonksiyonu, iç denetim, istisna raporlar, dış denetim raporları ve tedarikçiler ile müşteriler gibi dış çevreden gelen şikâyet ve önerilerin değerlendirilmesi gibi yöntemler kullanılabilir (Cömert, 2013; Türedi vd., 2015).

1.2. İ kontrol Sürecinde Risk Değerlendirmesi

Risk, Türk Dil Kurumu (2018) tarafından ‘‘Zarara uğrama tehlikesi, riziko’’ olarak tanımlanmaktadır. Kurumsal açıdan ise; kurumsal stratejiler ve politikalar doğrultusunda belirlenmiş kurumsal amaçlar ve hedeflere ulaşmayı olumsuz yönde etkileyebilecek olaylardır. Temel kurumsal riskler; dış evre, kurumsal süreçler ve bilgi kaynaklı olarak üç ana grupta ele alınabilir. COSO İ Kontrol Modelinde ise müşteri, teknoloji ve mevzuattan kaynaklanan dış; yeniden yapılanma, kaynaklar ve davranışsal faktörlerden kaynaklanan i; çevresel faktörlerdeki değişim ve belirsizliklerden kaynaklanan özel riskler olarak üç ana kategoride sınıflandırılır. Fakat bunlar yalnızca tehlike değil; bazı fırsatlar da doğurabilirler. Şekil 3’te riskin tehlike, belirsizlik ve fırsat olarak algılanışı sergilenmektedir. Risk, beklenmedik olaylardan kaynaklanırsa tehlike; değişimden kaynaklanırsa belirsizlik; riski kurum lehine kullanabilme imkân ve becerisi varsa fırsat olarak tanımlanır. (Kinney, 2003; Keskin, 2010). Ancak, risklerin bu Şekilde tanımlanabilmesi için iç kontrol sistemi bünyesinde risk değerlendirmesi yapılmalıdır.

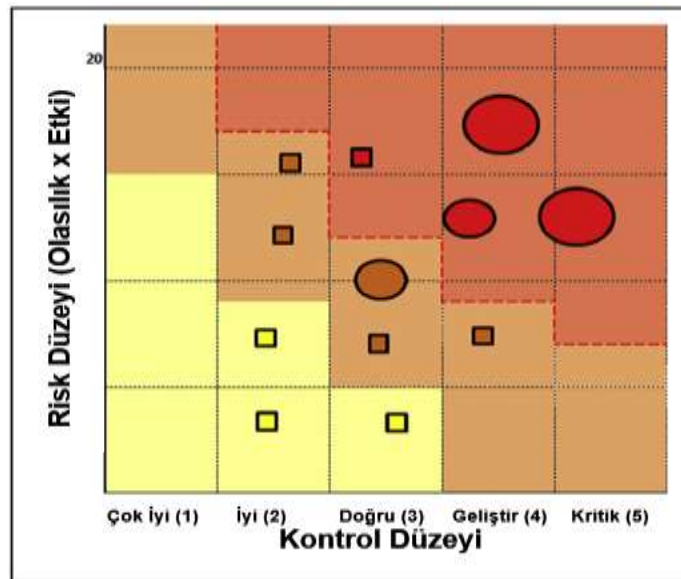


Şekil 3: Riskin algılanışı. Kaynak: Keskin, 2010: 39.

Kamu İç Kontrol Rehberi risklerin, doğal risk ve kalıntı risk esas alınarak değerlendirilmesini öngörür. Rehberde doğal risk, hedeflere ilişkin tespit edilmiş risklerin, herhangi bir cevap verilmeden önceki seviyesi olarak tanımlanmıştır. Kalıntı risk ise yönetimin riskin ortaya çıkma olasılığını ve etkisini azaltmak için aldığı önlemlerden sonra arta kalan riskleri ifade etmektedir. Riski yönetmek adına verilen cevaplar sonrasında arta kalan risk seviyesinin llmesi istenilmektedir. Kalıntı riskin seviyesi kabul edilebilir risk seviyesinden yüksek çıkarsa riske verilen cevap yöntemlerinin etkinlik ve yeterliliklerinin sorgulanması, verilecek cevapların tekrar gözden geçirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma

Kurumsal yönetim, risk yönetimi ve ERM perspektifleriyle COSO modeli temelinde tesis edilecek etkin bir iç kontrol sisteminin işlevlerinden biri de risk değerlendirmesidir. Risk değerlendirmesi; kurumun karşılaşılabileceği riskleri tanımlama ve tanımlanmış riskler hakkında en uygun kararları alarak yönetebilmek için riskleri ölçme yani değerlendirme faaliyetlerini içerir. Risklerin ortaya çıkma olasılıkları ve kurumsal amaçlar üzerindeki potansiyel etkileri hesaplanmaya çalışılır. COSO modelinde risk değerlendirme süreci üç aşamadan oluşur. İlk aşaması ve ön koşulu; kurumsal amaç ve hedeflerin açık, net ve tutarlı biçimde belirlenmesidir. İkinci aşaması risk değerlendirme yani risk ölçümüdür. Tanımlanmış risklerin ortaya çıkma olasılıkları ve potansiyel etkileri belirlenerek riskler önemlilik derecelerine göre öncelik sıralamasına sokulur. Üçüncü ve son aşamada ise riskler çözümlenerek etkilerini minimize edecek kontroller belirlenir. Risk değerlendirme sayesinde risk iştahı veya kalıntı riskler hakkında belirlenmiş limitleri dönemler itibarıyla karşılaştırabilme imkânı sağlayan bir risk profili elde edilir. Yönetim bu bilgileri, örneğin Şekil 4'teki gibi risk ve kontrol düzeylerini içeren bir risk haritası üzerinde bir araya getirerek, riskleri nasıl yöneteceği hakkında karar alırken kullanabilir. Önemsiz riskler için riski kabullenmek; önemli riskler için riski önlemeye veya azaltmaya çalışmak; önleme veya azaltma imkânı olmayanlar için ise ilgili faaliyeti terk ederek riskten kaçınmak yönünde karar verilebilir (McNamee 1997; Kinney, 2003; Carnaghan, 2006; Güner, 2009; Keskin, 2010; Usul vd., 2011; Akçakanat, 2012; Cömert, 2013; Hayne ve Free, 2014; Arena vd., 2017; Cengiz ve Aslanoğlu, 2017). Şekil 4'te Baloncukların büyüklüğü ölçülebilir ekonomik etkiyi temsil etmektedir.



şekil 4: Risk Haritası Örneği. Kaynak: Arena vd., 2017: 8.

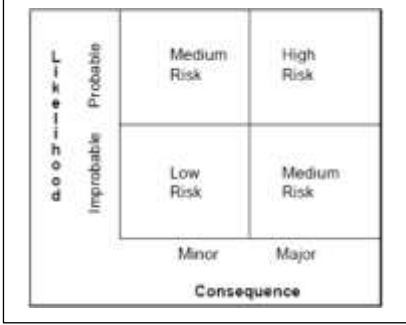
Risk karmaşık yapıda bir kavram olduğundan risk değerlendirmesi de karmaşık bir süreçtir. Genellikle riskler objektif koşullar altında doğrudan sayısal biçimde ölçülebilir nitelikte değildir. Bu sorunu aşabilmek için günümüzdeki en yaygın yaklaşım; riskin basit bir ortaya çıkma olasılığı ile ortaya çıkması halinde meydana getireceği basit bir etki şiddeti şeklinde iki bileşeni olduğunu varsaymaktır. Olasılık ve etki bileşenleri üzerinden riskler değerlendirilirken, elverişli sayısal veriler varsa kantitatif ölçümler yaparak daha tutarlı, gerçekçi ve güvenilir sonuçlar elde etmek olasıdır. Ancak, genellikle sayısal veri yoksunluğu yaşanmaktadır. Bu sorunu aşabilmek için sübjektif ifadelere ve kalitatif değerlendirmelere başvurulması zorunlu olmaktadır. İç kontrol sistemlerinin sayılabilen ve sayılamayan nitelikteki, örneğin mali ve mali olmayan gibi, tüm riskleri içermesi; ayrık, aralıklı ve sürekli verilerin tümüyle birlikte çalışılmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla, risk bileşenlerinin ve risklerin değerleri belirlenirken kantitatif ve kalitatif yöntemlerin bir kombinasyonunun kullanılması daha yerinde olacaktır (Kinney, 2003; Arena vd., 2017).

Risklerin değerlendirilmesi yapılırken, genelde somut faktörler üzerinde yoğunlaşırken, soyut faktörlerin de hesaba katılması gerekir. Bu faktörler, organizasyonun stratejik yönleri, rekabet faktörleri, organizasyonel gelişim ve değişim faktörleri ve sosyal faktörlerdir (Emhan, 2010).

Sadelik ve kullanım kolaylığı nedeniyle farklı disiplinlerdeki farklı uygulama alanlarında yapılan risk değerlendirme ve görselleştirmede en yaygın biçimde kullanılan araç risk matrisidir. Risk matrisleri; finansal, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili, çevresel, teknik ve saygınlık riskleri gibi çok farklı alanlardaki risk unsurlarını olasılık ve etki boyutlarıyla Kartezyen bir koordinat sistemi üzerinde sergiler ve derecelendirir. Riskler tehlikelilik ve müdahale önceliğine göre genellikle tablo şeklindeki bir matris formu içerisinde sınıflandırılır. Risk matrisleri ve haritalarından risk iştahının belirlenmesinde de yararlanılmaktadır. şekil 5'te temel bir ikiye-iki matris formu ve şekil 6'da ise trafik ışığı ya da ısı haritası olarak bilinen matris türü görölmektedir. Düşük, orta ve yüksek riskli bölgeleri; sırasıyla yeşil, sarı ve kırmızı renkle belirten trafik ışığı matrisleri uygulamada en çok kullanılan türdür. Bölgelerin daha hassas bir ayrıştırmayla gösterilmesi amacıyla beş ya da yedi renk kullanılması da yaygın bir uygulamadır. Bu matris türünde, risklerin

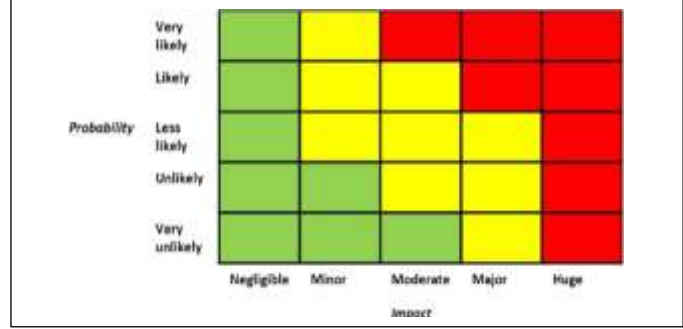
İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma

sayısal değerlerinin karşılık geldiği yerlerde noktalar ile gösterilerek görsellik kazandırılmasına da sıkça rastlanılmaktadır. Benzer bir biçimde, Şekil 7'deki gibi risk yüzeylerinin üç boyutlu bir matris üzerinde gösterilmesi de popüler bir türdür. Ayrıca yine trafik ışığı matrisinden hareketle, beraberce gösterebilmek amacıyla riskleri ve fırsatları yan yana iki farklı matrisin bir bileşkesi üzerinde sergileyen tür de kullanılmaktadır (Jordan vd., 2016).



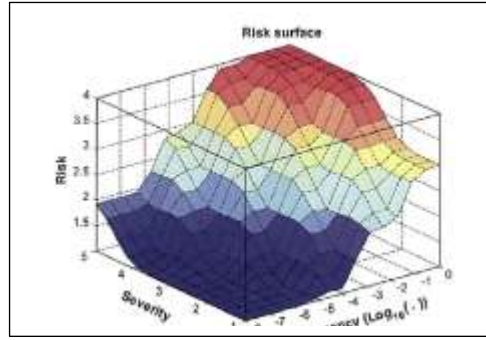
Şekil 5: İkiye-İki Matris.

Kaynak: Jordan vd., 2016: 2



Şekil 6: Trafik Işığı Matris.

Kaynak: Jordan vd., 2016: 2



Şekil 7: Üç Boyutlu Matris. Kaynak: Jordan vd., 2016: 16

Risk belirsizlik içeren karmaşık bir kavram olduğundan; kurum içerisinde risk iletişimi ve risk değerlendirme süreçleri de bazı engeller nedeniyle karmaşık ve oldukça zordur. Risk bileşenlerinin sayısal değerlerinin belirlenebilmesi; risk değerlendirmesi ve risk yönetimi faaliyetlerinin kalitesinin ölçülebilmesi; kötü risk değerlendirme sonuç ve süreçlerinin kötü kararlar ve çıktılardan ayrılabilmesi için gerekli uygun kriterler geliştirilmesi çok güçtür. Ayrıca, riskler ve süreçlerin kontrol ve denetimi için uygun yöntemler kullanılmalıdır. Yönetim, kurum, iç kontrol ve iç denetimin menfaatlerini korurken, ayrı kullanıcı ve kullanımları düzenlemek için bir raporlama rejimi de tesis edilmelidir. Risk matrislerinin kullanılması her ne kadar işleri kolaylaştırıyor görünse de önemli bazı sorunları ortadan kaldıramamaktadır. Örneğin, matrise yerleştirmek üzere

risk bileşenlerinin sayısal değerleri belirlenirken bireylerin doğrudan yaptıkları puanlamaların baz alınması; kişisel bilgi, deneyim, çekinceler, birimleri ve kendileri hakkındaki amaçlar, hissedilen üst yönetim baskısından oluşan kaygılar gibi etkenlerden kaynaklanan bireylerin önyargılarını yansıtmaktadır. Bu nedenle sübjektif ve bazen de taraflı veya çarpıtılmış yargılarla yapılan risk değerlendirmesi; tutarlı ve gerçekçi sonuçlar veremeyebilir (Kinney, 2003).

Kurumsal yönetim yaklaşımı doğrultusunda; iç kontrol, risk yönetimi, ERM ve iç denetimin entegre hale gelmesi bazı iç denetçilerde risk değerlendirme faaliyetlerini hatta tüm risk yönetimi sürecini üstlenerek görev alanları genişletme isteği doğurmuştur (Robson vd., 2007; Arena vd., 2010). Oysa risk yönetimi faaliyetleri, yolsuzluk ve suiistimallerle mücadele gibi konular iç deneticinin değil; iç kontrol sisteminin görevleri kapsamındadır. Ancak, iç denetçilerin görevleri dışında kalan başka işleri de yaptıkları veya yapmak zorunda kaldıkları yönünde bulgular vardır (Karcıoğlu ve Kurnaz, 2017; Özkardeş, 2017). İç denetim esasen bir kurumun iç kontrol sisteminin etkinliğini değerlendirir (Selim ve McNamee, 1999; Calderon ve Cheh, 2002; Knechel, 2007; Knechel vd., 2010; Norman vd., 2010; Agrawal ve Hancock, 2012; Messier, 2014). BDS 330'da iç denetim faaliyetlerinde risk değerlendirme sürecinin önemi vurgulanmakta ve BDS 570'te ise iç denetimin risk değerlendirme prosedürleri uygulayarak işletmenin sürekliliğini değerlendirmesi öngörülmektedir (Çetinkaya, 2017; Yaşar, 2017). Yani, iç kontrol sisteminin bir parçası olarak görülen iç denetimin riski bertaraf etme veya maruz kalma düzeyini azaltma yönünde önerilerle kuruma değer katma işlevi vardır (Bayrakçı ve Demirel, 2017; Görmen, 2017).

Kurumsal yönetim anlayışının yaygınlaşmasıyla, günümüzde iç denetim; artık iç kontrol, risk yönetimi ve ERM sistemleriyle entegre bir şekilde ve anahtar bir konumda çalışır hale gelmiştir (Görmen, 2017; Karcıoğlu ve Kurnaz, 2017; Özkardeş, 2017). Ancak, risk yönetim sürecinin düzenlenmesi, risklerin değerlendirilmesi, risk iştahının belirlenmesi ve riskler hakkında yönetimin güvence vermesi gibi faaliyetler iç denetimin değil; iç kontrolün sisteminin görevidir (Karcıoğlu ve Kurnaz, 2017; Özkardeş, 2017). Hatta son zamanlarda iç kontrol odaklı iç denetim anlayışı yerine risk odaklı iç denetim anlayışının yaygınlaştığı; bunun da iç kontrol kapsamındaki risk değerlendirme faaliyetlerinin önemini artırdığı söylenebilir (Türedi, 2015). Bu bağlamda, iç denetim öncesinde etkin bir iç kontrol sisteminin risk değerlendirmedeki başarisının; iç denetimin de başarısı

İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma

üzerinde hayati öneme taşıdığı söylenebilir (Peecher vd., 2007; Knechel vd., 2010; Arena vd., 2012). Eğer etkin bir iç kontrol sistemi yoksa; iç denetim riskleri yanlış ele alabilir ve yanlış sonuçlar çıkarabilir (Schultz vd., 2010).

2. Bulanık Çıkarım Sistemi

Bulanık küme yaklaşımında; bir varlık bir kümenin belirli bir üyelik derecesinde elemanı olabileceği gibi aynı anda birden fazla kümenin de yine belirli bir üyelik derecesinde elemanı olabilir. Böylelikle, bir problem ile ilgili dilsel verilerden sağlanan kalitatif girdilerin, çalıştırılabilir bir kural tabanlı sistem haline getirilmesi mümkün olmaktadır. Bulanık modelleme, bulanık “eğer-ise” kuralları ve “bulanık çıkarım” kavramına dayanır. Bulanık çıkarım kesin ve/veya bulanık girdileri kullanarak bulanık çıktılar elde eder. Bu sebeple bulanık kümeyi doğru temsil edecek kesin değeri elde etmek amacıyla durulaştırma yapılır.

Lütfi Asker ZADEH (1965) tarafından yayınlanan “Fuzzy Sets” isimli makale belirsizlik kavramının yeniden değerlendirilmesinde bir dönüm noktası teşkil etmektedir. Kesin olmayan sınırlara sahip elemanların oluşturduğu bulanık küme teorisi olasılık teorisinin temelini oluşturan Aristo mantığına alternatif bir düşünce olarak bilim dünyasında yerini almıştır. Bulanık küme teorisinin üyelikten üye olmamaya dereceli olarak geçişi açıklama yeteneği, gerek sosyal bilimlerde ve gerekse fen bilimleri alanlarında geniş faydalar sağlamaktadır. Bulanık mantık, belirsizliğin ölçülmesinde çok faydalı olmasının yanı sıra, yaşayan dilde ifade edilen belirsizlik kavramlarını anlamlı bir şekilde tanımlanmasına imkân vermektedir. Klasik küme teorisine göre, belirli bir alana ait bütün bireyler iki bakış açısından incelenir. Bunlar; kümeye ait olan elemanlar ve ait olmayan elemanlar. Kümeye üye ve kümeye üye olmayan elemanlar arasında kesin ve belirsiz olmayan bir ayrım söz konusudur. Bulanık mantık teorisi ise her bir elemana matematiksel olarak üyelik derecesini temsil eden bir değer atayarak kümeyi oluşturmaktadır. Klasik Mantık teorisinde olduğu gibi Bulanık Mantık Teorisinin kendine ait matematiği ve küme yapıları ile ilgili tanımları vardır (Zimmermann, 1987).

Klasik küme teorisine göre küme elemanları, kümeye dâhil ise 1, dâhil değil ise 0 değerleri kullanılarak tanımlanmaktadır.

$$X_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

Bulanık küme kuramı ise bir elemanın bir kümeye kısmi üyeliğine olanak sağlar. Eğer üyelik derecesi olarak adlandırılan üyelik fonksiyonunun değeri 1'e eşitse x elemanı bulanık kümeye tamamen aittir. Eğer bu değer 0 ise, x bulanık kümeye ait değildir. Üyelik derecesi 0 ile 1 arasında ise x, bulanık kümenin kısmi üyesidir. Sıralı ikililerden oluşan elemanlardan birincisi kümenin elemanı, ikincisi ise bu elemanın üyelik derecesini belirten değerdir. Bulanık bir kümenin sıralı ikilileri aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) : x \in X\}$$

Bulanık kümede üyelik fonksiyonu řu şekildedir. X, elemanları x'ler olan bir noktalar kümesi olsun, yani $X = \{x\}$ X'in içinde bir \tilde{A} bulanık kümesi bir üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ile karakterize edilir. Bu fonksiyon X içindeki her nesneyi, 0 ile 1 arasındaki bir reel sayıya [0,1] tekabül ettirir ve bu fonksiyon aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\mu_{\tilde{A}}(x) : X \rightarrow [0,1]$$

Bulanık kümede α -kesim seviyesi önemli bir husustur. \tilde{A} bulanık kümesinin A_{α} ile gösterilen α -kesimi, klasik X uzayında üyelik dereceleri α 'ya eşit veya büyük olan tüm elemanlarından oluşan kesin alt kümesidir ve aşağıdaki gibi gösterilir.

$$A_{\alpha} = \{x | \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha, \alpha \in [0,1]\}$$

Eğer $A_{\alpha} = \{x | \mu_{\tilde{A}}(x) > \alpha, \alpha \in [0,1]\}$ ilişkisi mevcutsa buna \tilde{A} kümesinin kuvvetli α -kesimi adı verilir.

Bulanık küme teorisinde bulanık sayılar ve üyelik fonksiyonları kullanılır. Klasik kümelerin tersine, bulanık kümelerin yapısal olarak sahip olduğu esneklikten dolayı, uygulama alanlarının farklılığına göre bu işlemleri temsil etmek için farklı fonksiyonların tanımlanması mümkündür. Bulanık küme teorisi üzerinde kurulan matematiksel analiz çerçevesinde, sadece bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları değil, onlar arasında gerçekleşecek işlemler de çalışılan alan ile yakından ilişkilidir. Uygun üyelik fonksiyonunu tanımlama ve anlamlı işlemleri belirleme kapasitesi bulanık küme teorisinin pratik faydasını arttıran en önemli yönlerinden birisidir (Klir ve Yuan, 1995). Bulanık küme teorisinde kullanılan bulanık sayılar için farklı tipleri olmakla birlikte en çok kullanılan tipleri, üçgensel ve yamuk tipli bulanık sayılardır (Lai ve Hwang, 1992).

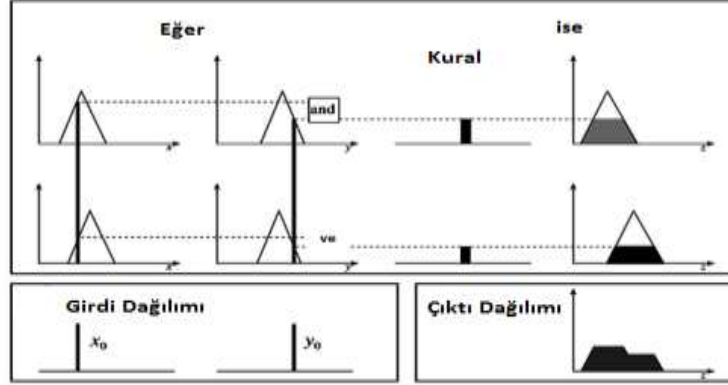
İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma

Bulanık çıkarım sistemlerinde; Mamdani ve Takagi-Sugeno tipleri başlıca modeller olarak gösterilebilir. Mamadani tarafından geliştirilen bulanık model insan davranış ve tutumlarına çok uygun olması sebebiyle yaygın kullanıma sahip olup bulanık mantık modellerinin başlangıcını oluşturur. Mamdani ve Assilian (1975) ilk kez buhar motorunun dilsel kontrol kuralları kullanarak kontrolünü sağlamışlardır. Takagi-Sugeno (1985) bulanık modeli Mamdani tipi bulanık model üzerine kurulmuş bir model olup, verilen bir giriş-çıkış kümesinden bulanık kuralları oluşturmak için sistematik bir yaklaşımdır. Keskin girdi değerlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri Mamdani tipi bulanık modelleme ile aynıdır. İki model arasındaki temel fark çıktı üyelik fonksiyonlarındadır. Takagi-Sugeno tipi bulanık çıkarım sisteminde soncul kısımdaki çıktı değişkeni, girdi değişkenlerinin doğrusal bir fonksiyonu şeklindeki üyelik fonksiyonuna sahiptir. Bu çalışmada Mamdani (1975) yöntemi kullanılacaktır.

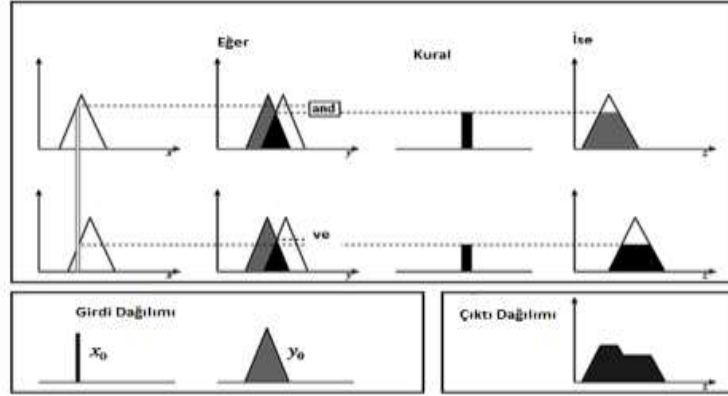
Bulanık mantık denetleyicisi; bulanıklaştırma, kural tabanlı çıkarım ve durulaştırma olmak üzere üç temelden meydana gelir. Bulanıklaştırma aşamasında girdi değişkenlerinin değerine karşılık gelen üyelik fonksiyonları $[0;1]$ aralığında belirlenir. Kural tabanlı çıkarımda ise bulanıklaştırma aşamasından gelen üyelik dereceleri dilsel kurallara göre değerlendirilerek bulanık sonuçlar elde edilir. Dilsel kurallara göre oluşturulan kural tabanlı çıkarım mekanizması bulanık mantık denetleyici tasarımının en önemli kısmını oluşturur. Bulanık mantık denetleyicisi, bulanıklaştırma, kural tabanlı çıkarım ve durulaştırma olmak üzere üç temelden meydana gelir. Bulanıklaştırma aşamasında girdi değişkenlerinin değerine karşılık gelen üyelik fonksiyonları $[0;1]$ aralığında belirlenir. Kural tabanlı çıkarımda ise bulanıklaştırma aşamasından gelen üyelik dereceleri dilsel kurallara göre değerlendirilerek bulanık sonuçlar elde edilir. Dilsel kurallara göre oluşturulan kural tabanlı çıkarım mekanizması bulanık mantık denetleyici tasarımının en önemli kısmını oluşturur. Bulanık mantık denetleyicisi, bulanıklaştırma, kural tabanlı çıkarım ve durulaştırma olmak üzere üç temelden meydana gelir. Bulanıklaştırma aşamasında girdi değişkenlerinin değerine karşılık gelen üyelik fonksiyonları $[0;1]$ aralığında belirlenir. Kural tabanlı çıkarımda ise bulanıklaştırma aşamasından gelen üyelik dereceleri dilsel kurallara göre değerlendirilerek bulanık sonuçlar elde edilir. Dilsel kurallara göre oluşturulan kural tabanlı çıkarım mekanizması bulanık mantık denetleyici tasarımının en önemli kısmını oluşturur.



Şekil 8: Bulanık Çıkarım Sisteminin Süreci



Şekil 9: İki Girdili, Bir Kesin Çıktılı Mamdani Bulanık Çıkarım Sistemini İki kuralı



Şekil 10: İki Girdili, Bir Bulanık Çıktılı Mamdani Bulanık Çıkarım Sisteminin İki Kuralı

Mamdani Yönteminin adımları şunlardır:

- **Adım 1:** Girdi değışkenlerin Bulanıklaştırılması
- **Adım 2:** Kuralların oluşturulması
- **Adım 3:** Kural Çıktılarının bir araya getirilmesi
- **Adım 4:** Durulaştırma

Bulanık mantık uygulamasının ilk aşamasında bulanıklaştırılıp kurallar ile değerlendirilen sayıların sistem çıktısı haline getirilebilmesi için durulaştırma işlemi yapılmaktadır. Durulaştırma işlemi aynı zamanda bulanık modelin çıktı ürettiği son aşamadır. Literatürde kullanılan bazı durulaştırma metotları aşağıda verilmiştir.

- **Ağırlık Merkezi Yöntemi:** Sistem çıktısı üyelik fonksiyonlarının ağırlık merkezlerine göre bulunmaktadır.

- **Maksimum Üyelik Metodu:** Bu yöntemde bulanık değeri en büyük olan değer dikkate alınmaktadır.
- **Ortalama Maksimum Üyelik Metodu:** Bu yönteme göre en büyük üyelik değerinin birden fazla nokta sağlıyorsa bu değerlerin ortalaması alınarak çıktı değer üretilmektedir.
- **Ortalama Ağırlık Metodu:** Çıktı değerinin bulunabilmesi için birden fazla üyelik fonksiyonunun ağırlık merkezlerinin ortalaması alınması mantığına dayanmaktadır.
- **Ortalama Maksimum Üyelik Metodu:** Bu yönteme göre en büyük üyelik değerinin birden fazla nokta sağlıyorsa bu değerlerin ortalaması alınarak çıktı değer üretilmektedir.

3. Literatür Taraması

Mustafa ve Al-Bahar (1991) inşaat projelerinde finansal ve ekonomik riskleri de içeren risk değerlendirmesi üzerindeki çalışmalarında analitik hiyerarşi prosesinin (AHP) kullanımını önermişlerdir. Risk değerlendirmede klasik ve kavramsal modellerin kullanılabilirliğini dile getirirken kavramsal modellere örnek olarak bulanık kümeyi göstermişlerdir. Ancak, kavramsal modellerle risk değerlendirmesi için detaylı kantitatif bilgi gerektiğini ve bunun her zaman sağlanamadığını ifade etmişlerdir. Karar vermede yaygın kullanılan bir araç olan AHP'nin risk değerlendirmesi için de kullanışlı olduğunu söylerken; bazı sorunlara da dikkat çekmişlerdir. Örneğin; sürekliliği sağlayabilmek amacıyla her bir boğum altında (7 ± 2) eleman kullanılmasının önerilmesi, dokuzdan fazla eleman olması durumunda sıkıntı yaratmaktadır. Ayrıca, göreceli önceliklerin belirlenmesinde kullanılan soyut kriterlere nümerik değerler atanmasında başvurulabilecek somut ölçütler bulunmaması yüzünden; türetilen nümerik skalanın geçerliliğine dikkat edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Katılımcılara, dikkatli bir biçimde tasarlanmış anket yöntemi uygulanmasıyla daha kaliteli veri elde edilebileceğini vurgulamışlardır. Sonuçların ise hacim, uzunluk veya ağırlık kesin rakamlar olmadığını; öyle olsa bile mutlaka uzmanların görüşüne başvurulması gerektiğini önermişlerdir.

Lawry (2006) Zadeh tarafından önerilen bulanık kümeler teorisinin belirsizlik içeren konseptlerde kullanımını incelemiştir. Müphem konseptlerde calculus tarafından

tanımlanamayan üyelik fonksiyonlarının bulanık küme teorisi ile tanımlanabileceğini dile getirerek bulanık küme teorisinin bu anlamdaki kullanışlılığını ortaya koymuştur.

Shevchenko ve Wüthrich (2006) Basel II Kriterlerinin öngördüğü ileri ölçüm yaklaşımları çerçevesinde; Bayesian çıkarım ile bankalardaki operasyonel riskin yapısal modellemesi hakkındaki araştırmalarında zarar verilerini uzman görüşleri ile birleştirmeye çalışmışlardır. Operasyonel riskin frekans ve etki bileşenlerinin kantitatif hale getirilmesi için Bayesian çıkarımı kullanmışlardır. Modelin iyi sonuç verdiğini ve risk profilinin sayısal değerinin tespit edilmesinde işe yaradığını belirtmişlerdir.

Markowski ve Mannan (2009) bulanık mantığın, aevlenebilir maddelerin uzun boru hatları ile nakledilmesi hakkındaki ana tehlikelerin risk değerlendirmesi üzerinde uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Bulanık Koruma Tabakası Analizi (fLOPA) çerçevesinde risk değerlendirmesi yaparak elde ettiklerin sonuçların klasik LOPA'ya göre daha gerçekçi ve güvenilir olduğunu ifade etmişlerdir. Klasik yöntemlere dayalı risk değerlendirme ile elde edilmesi imkânsız olan önemli bazı bilgilerin bulanık mantık uygulaması sayesinde edinilebileceğini ileri sürmüşlerdir.

Markowski vd. (2011) patlayıcı ortamlarda çalışan işçilerin iş sağlığı ve güvenliği hakkındaki risk değerlendirmesinde bulanık mantık uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Patlayıcı Ortamlardaki Koruma Tabakası Analizinin (ExLOPA) yarı-kantitatif nitelikli girdi değerlerini kullanması nedeniyle "eğer...ve/veya... ise" mantıksal çıkarıma uygun olduğunu ifade etmişlerdir. Değerleme kategorileri ile aralarındaki ilişkilerin bilgi yoksunluğu olarak tanımlanabilecek pek çok belirsizliği (epistemik belirsizlik) içerdini belirtmişlerdir. Bulanık küme teorisini girdi verileriyle ilgili sübjektif ve müphem sorunlara uygulanarak Patlayıcı Ortamlarda Bulanık Koruma Tabakası Analizini (Fuzzy-ExLOPA) önermişlerdir. Bazı bilgisayar yardımlı analizleri gerektiren bu yöntem ile yaptıkları örnek uygulama ile daha gerçekçi risk değerlendirmesi sonuçları elde ettiklerini ileri sürmüşlerdir.

Khaleghi vd. (2013) Olay Ağacı Analizi (ETA) ve Koruma Tabakası Analizi (LOPA) temelinde bulanık risk değerlendirme ve sınıflandırması hakkında bir gaz dağıtım örnek olayı üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada Mamdani yöntemi de kullanılmış ve bulanık mantık teorisinin risk değerlendirme ve sınıflandırmasında önemli avantajlar sağladığı yönünde sonuçlar elde edilmiştir.

İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı:

Örnek Bir Çalışma

Majumder vd. (2013) çalışmalarında; bulanık mantığı ve bulanık analitik hiyerarşi prosesini (FAHP) inşaat sitelerindeki risk değerlendirmesinde kullanmışlardır. Mamdani yöntemi ve MATLAB programını kullanarak gerçekleştirdikleri araştırmalarında bulanık risk değerlendirmesi ve FAHP sayesinde işin gerçek durumunun daha iyi ortaya konulabildiği ve bulanık risk değerlendirmesinin iş güvenliği açısından daha gerçekçi bilgiler sağlayarak kullanışlı olduğu yönünde sonuçlar elde etmişlerdir.

Shang ve Hossen (2013) bulanık mantığın risk değerlendirme ve karar almaya uygulanmasını; Kanada Hasar Aktüeryali Birliği (Casualty Actuarial Society-CAS), Kanada Aktüeryalar Enstitüsü (Canadian Institute of Actuaries-CIA) ve Kanada Aktüeryalar Derneği (Society of Actuaries-SOA) Risk Yönetimi Müşterek Departmanı tarafından hazırlatılan bir rapor ile araştırmışlardır. Pazar, kredi, ticaret ve sigorta gibi alanlarda genellikle klasik küme teorisine dayanan geleneksel risk değerlendirme modellerinin kullanıldığını belirtmişlerdir. Bulanık mantık modellerinin ise bulanık küme teorisi ve bulanık mantığa dayandığını; bu nedenle haklarında yetersiz bilgi veya kesin olmayan veriye sahip riskleri analiz etmede kullanışlı olduklarını vurgulamışlardır. Takagi-Sugeno ve Mamdani yöntemlerine atıfta bulunmuşlardır. Bulanık mantık sistemi temeline dayanan bir risk değerlendirme ve karar alma platformu tanımlamışlardır. Bu platformda önce uzman görüşleri alınmış, ardından bu görüşler temelinde bulanık mantık modeli içerisinde risk göstergeleri, üyelik fonksiyonları ve “eğer ... ve/veya ... ise” şeklinde çıkarım kuralları belirlenmiştir. Daha sonra risk kriterleri hakkında toplanan verilerle sırasıyla bireysel olarak maruz kalınan riskler, işletme birimi riskleri ve kurumsal düzeyde riskler analiz edilmiştir. Çalışmada iki uygulamaya yer verilmiştir. Birincisinde, bir firma hakkındaki olumsuz kamuoyunun hisse senetleri değeri üzerinde yaratabileceği kısa vadeli ve firma itibarı üzerinde yaratabileceği uzun vadeli tehlikelerin tanımlanması ve riskin değerlendirilmesi konu edinilmiştir. İkincisinde ise risk iştahı üzerinden hareketle firmanın bütçeleme konusundaki kararları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar bulanık mantık modellerinin iyi anlaşılabilen ve haklarında doğrudan sayısal veri bulunmayan risklerin değerlendirmesinde kullanışlı olduğunu; bulanık çıkarım sisteminin insan mantığı ve kesin olmayan girdilere uygun olduğunu; karar almaya büyük katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Wu vd. (2013) arıtma ve petrokimya tesislerinde ekipman korozyonu başarısızlığına ait bulanık küme temelli risk analizi hakkındaki araştırmalarında, bulanık sentetik değerlendirme

ve bulanık mantığa dayanan bir model kullanmışlardır. Elde ettikleri bulanık risk matrisinin geleneksel risk matrisinden daha iyi sonuç verdiğini ileri sürmüşlerdir.

Yine CAS-CIA-SOA Risk Yönetimi Müşterek Departmanı tarafından hazırlatılan bir başka raporda, Shapiro ve Koissi (2015) bulanık mantığın risk değerlendirme uygulamaları hakkında çok geniş kapsamlı bir literatür taraması yapmışlardır. Risk matrisinin bulanık mantık modifikasyonu; AHP'nin bulanık mantık modifikasyonu; bulanık optimizasyonun risk değerlendirmedeki rolü ve tehlike riskleri ile finansal, operasyonel ve stratejik riskler alanlarında yapılan bulanık mantıkla risk değerlendirme uygulamalarına ait örnekleri araştırılmıştır. Pek çok uygulamada Mamdani yöntemine başvurulduğu dile getirilmiştir. rnek olay çalışmalarında operasyonel risk, tehlike riski, finansal risk ve stratejik risk hakkında bulanık mantıkla risk değerlendirme metodolojileri de özetlenmiştir. Bulanık bileşenleri de uygunsuz bir biçimde bünyesinde bulunduran kesin (crsip) modellerin; bulanık modeller halinde tekrar formüle edilebileceği belirtilmiştir. İncelenen 125 adet araştırma ışığında; bulanık mantığın risk değerlendirme uygulamalarının güvenilir sonuçlar verdiği ve bulanık risk değerlendirme modellerinin aktüeryal bir perspektifle de kullanılmasıının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

4. rnek Uygulama

Bu başlık altında Maliye Bakanlığı İç Denetim Koordinasyon Kurulu tarafından yayınlanan Kamu İ Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi'nde yer alan risk değerlendirme rneği ele alınacaktır. Söz konusu örnek aslında kamu iç denetçilerine yönelik hazırlanmıştır. Ancak bu örnek, 5018 sayılı 24.12.2003 tarihli Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu'na dair İç Kontrol ve n Mali Kontrole İlişkin Usul ve Esaslar ile Kamu İç Kontrol Standartları Tebliği'nde belirtilen iç kontrol kriterleriyle birebir örtüştüğünden; özellikle kamu kurumlarının iç kontrol faaliyetleri kapsamındaki risk değerlendirme için de uygun niteliktedir.

4.1. Kamu İ Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi'ndeki zm

Rehberde rnek olarak verilen (Y) idaresinde A, B, C, D, E ve F birimleri (veya faaliyetleri) bulunmaktadır. İdarenin faaliyetlerine etki eden beş risk kriteri ise; bütçe büyüklüğü, işlem hacmi ve personel sayısı, faaliyetlerin karmaşıklığı, yapısal, işlevsel ve teknik değişiklikler ile bilgi teknolojileri sisteminin yapısı olarak varsayılmıştır. (Y) idaresinin risk kriterleri ve risk değerlendirme leği Tablo 2'de verilmiştir.

**İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı:
Örnek Bir Çalışma**

Tablo 2: (Y) İdaresi risk kriterleri ve değerlendirme ölçeği.

RİSK KRİTERLERİ	RİSKİN OLASILIK VE ETKİ KATSAYILARI		
		OLASILIK (O)	ETKİ (E)
Bütçe Büyüklüğü	100'den fazla	5	5
	60-100	4	4
	20-60	3	3
	5-20	2	2
	5'den az	1	1
İşlem Hacmi Ve Personel Sayısı	İşlem Hacmi Yüksek-Personel Sayısı Çok Yetersiz	5	5
		4	4
		3	3
		2	2
	İşlem Hacmi ve Personel Sayısı Dengeli	1	1
Faaliyetlerin Karmaşıklığı	Çok Karışık Faaliyetler	5	5
		4	4
		3	3
		2	2
	Karışık Olmayan Faaliyetler	1	1
Yapısal, İşlevsel Ve Teknik Değişiklikler	Çok Sık Değişiklik Var	5	5
		4	4
		3	3
		2	2
	Nadiren Değişiklik Var	1	1
Bilgi Teknolojileri Sisteminin Yapısı	Çok Geniş	5	5
		4	4
		3	3
		2	2
	Çok Geniş Değil	1	1

Kaynak: Kamu İç Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi

Kamu İç Kontrol Rehberinde, risklerin ortaya çıkma olasılıkları ve meydana getirecekleri etkinin; RY Ek 2'de verilen risk oylama formu ile belirlenmesi öngörülmüştür. En düşük ve en yüksek değerler arasında puanlama yapılması önerilmiştir. (Y) idaresinde her bir birimdeki risk kriterlerine ait olasılık ve etki bileşenlerinin 1 ila 5 arasında puanlanması sonucunda meydana gelen ölçüm Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Birimlerin risk düzeyleri ölçümü özeti.

Birimler	Bütçe Büyüklüğü (1)	İşlem Hacmi Ve Personel Sayısı (2)	Faaliyetlerin Karmaşıklığı (3)	Yapısal, İşlevsel Ve Teknik Değişiklikler (4)	Bilgi Teknolojileri Sisteminin Yapısı (5)	Risk Puanı	Toplam Risk Derecesi (%)
A	O: 5 E:5 R:25	O: 4 E:4 R:16	O: 4 E:3 R:12	O: 2 E:3 R:6	O:4 E:3 R:12	71	9.46 [71/(25x30)]
B	O: 4 E:4 R:16	O:3 E:4 R:12	O:3 E:4 R:12	O:4 E:4 R:16	O:3 E:2 R:6	62	8.26
C	O: 4 E:5 R:20	O:4 E:4 R:16	O:2 E:3 R:6	O:2 E:3 R:6	O:4 E:3 R:12	60	8.00
D	O:3 E:2 R:6	O:4 E:2 R:8	O:2 E:2 R:4	O:3 E:3 R:9	O:2 E:2 R:4	31	4.13
E	O:4 E:4 R:16	O:2 E:2 R:4	O:3 E:2 R:6	O:5 E:2 R:10	O:4 E:3 R:12	48	6.40
F	O: 3 E:4 R:12	O:3 E:2 R:6	O:3 E:3 R:9	O: 4 E:3 R:12	O:4 E:4 R:16	55	7.33
Risk Puanı	95	62	49	59	62	327	
Toplam Risk Derecesi (%)	12.66	8.26	6.53	7.86	8.26		43.60

Kaynak: Kamu İ Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi

Risk ölçümü sonuçlarına göre ise Tablo 4'te verilen risk matrisi oluşturulmuştur. Kırmızı alanlar yüksek, sarı alanlar orta, mavi düşük ve yeşil alanlar kabul edilebilir düzeyde risk içeren alanları göstermektedir. Örneğin A1 ifadesi, A biriminin birinci risk kriteri olan bütçe büyüklüğünün 25 risk puanına sahip olduğunu; dolayısıyla riskli alan önceliklerinin belirlenmesinde bu nümerik değerin dikkate alınması gerektiğini ifade eder.

**İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı:
Örnek Bir Çalışma**

Tablo 4: (Y) İdaresi risk matrisi.

O L A S I L I K	5	10 <u>E4</u>	15	20	25 <u>A1</u>
	4	8 <u>D2</u>	12 <u>A3,A5,C5,E5,F4</u>	16 <u>A2,B1,B4,C2,E1,F5</u>	20 <u>C1</u>
	3	6 <u>D1,E3,B5,F2</u>	9 <u>D4,F3</u>	12 <u>B2,B3,F1</u>	15
	2	4 <u>D3,D5,E2</u>	6 <u>A4,C3,C4</u>	8	10
	1	2	3	4	5
	E T K İ				

Kaynak: Kamu İç Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi.

Risk matrisine göre birimlerdeki risk kriterlerinin öncelik sıralaması Tablo 5'te izlenebilir. Bileşenlere ait en yüksek değerlerin çarpımı 25 puandır. Bu puanlar yüzde değeri şeklinde ifade edilerek risk değerlendirme oranları da belirlenir.

Tablo 5: (Y) İdaresi birimlerinin risk kriterlerine ait öncelik sıralaması.

BİRİMLERİN RİSK KRİTERLERİ	RİSK KRİTERİ PUANLARI	RİSK DEĞERLEME ORANI (%)	RİSK DURUMU
A1	25	100	Kabul Edilemez
C1	20	80	Kabul Edilemez
A2,B1,B4,C2,E1,F5	16	64	Kabul Edilemez
A3,A5,C5,E5,B2,B3,F1,F4	12	48	Sorunlu
E4	10	40	Sorunlu
D4,F3	9	36	Sorunlu
D2	8	32	İkinci Derece Sorunlu
A4,C3,C4,D1,E3,B5,F2	6	24	İkinci Derece Sorunlu
D3,D5,E2	4	16	Kabul Edilebilir

Kaynak: Kamu İç Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi.

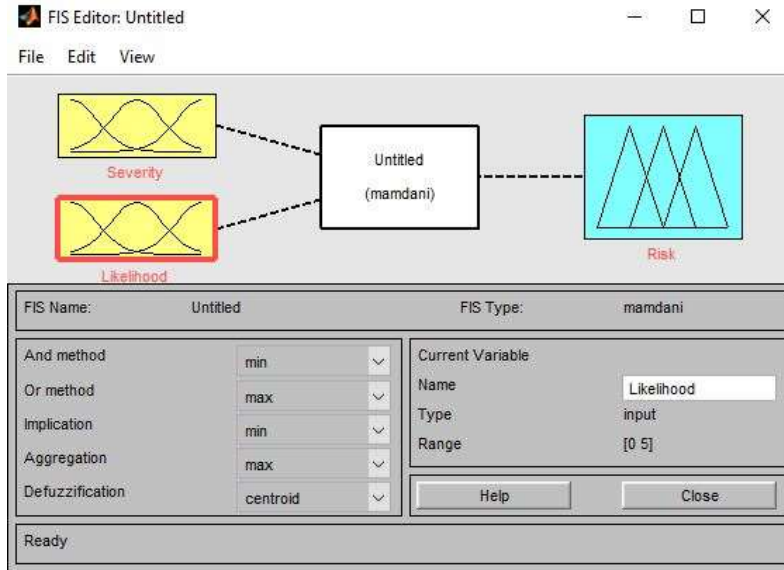
4.2. Bulanık Çıkarım Sistemi-Mamdani Yöntemine Göre Çözüm

Aşağıda, aynı örnekteki veriler; bir bulanık çıkarım sistemi olan Mamdani Yöntemi ile çözülmüştür. Birinci adımda, Kamu İç Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi'ndeki uygulama örneğinde yer alan kesin nümerik değerlerin kullanılması zorunluluğu bulunmaktadır. Mamdani Yöntemi, kesin girdi değerleri ile çalışmaya da uygun

olduğundan bu durum bir sorun yaratmamaktadır. İlgili örnekte olasılık ve etki bileşenleri beş; risk ise dört farklı değer üzerinden ele alındığından; ikinci adımda riskin “olasılık” ve “etki” bileşenlerinin alabileceği beş farklı muhtemel nümerik değer üzerinden yirmi beş adet kural oluşturulmuştur. Bu kurallardan bazıları örnek olarak aşağıda verilmiştir.

- Kural 1: Eđer olasılık “çok dūřük” ve etki “önemsiz” ise; risk “dūřük”
- Kural 7: Eđer olasılık “dūřük” ve etki “dūřük” ise; risk “dūřük”
- Kural 13: Eğer olasılık “makul” ve etki “orta dereceli” ise; risk “orta”
- Kural 19: Eğer olasılık “yüksek” ve etki “yüksek” ise; risk “orta yüksek”
- Kural 25: Eğer olasılık “çok yüksek” ve etki “yıkıcı” ise; risk “yüksek”

Üçüncü adımda, bu kurallar temelinde MATLAB programına girişler yapılarak kural çıktıları bir araya getirilmiştir. Dördüncü ve son adımda ise ağırlık merkezi yöntemine göre durulaştırma yapılmıştır. MATLAB programı kullanılarak iki girdili-bir bulanık çıktılı Mamdani Bulanık Çıkarım Sistemi uyarınca oluşturulan kuralların girilmesi ve durulaştırma aşaması Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11: MATLAB programı ekran görüntüsü.

Elde edilen sonuçlar itibariyle meydana gelen üç boyutlu risk matrisi ise Şekil 12’de verilmiştir. Üç boyutlu risk matrisi incelenirken; riskin aldığı sayısal değerler aşağıdaki gibi anlaşılmalıdır:

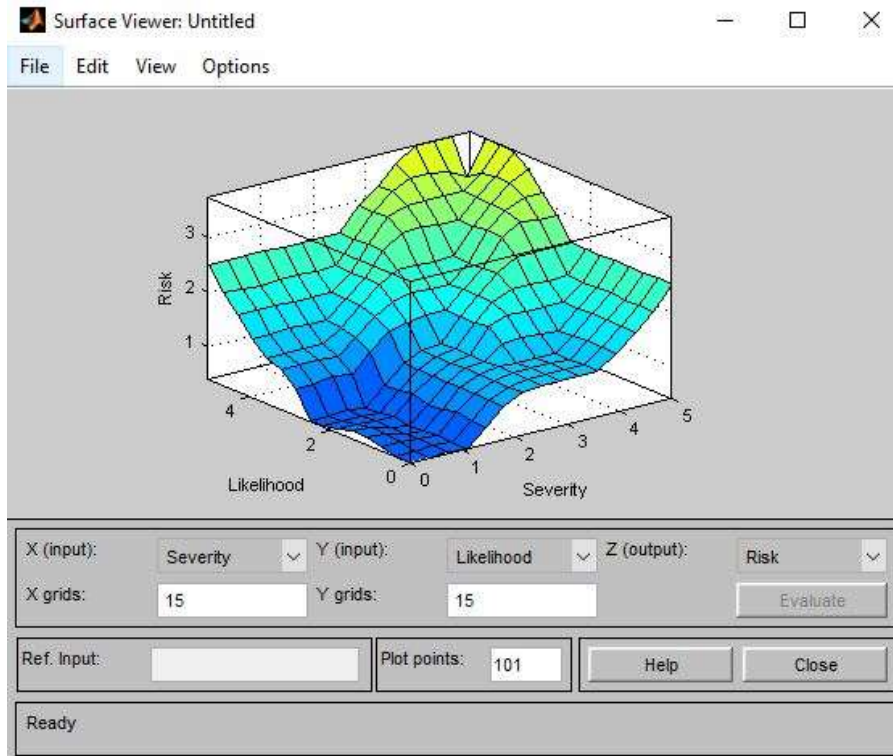
- $0 < r \leq 1$ ise risk dūřüktür. Bu alandaki risk kabul edilebilir ve görmezden gelinir.

İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı:

Örnek Bir Çalışma

- $1 < r \leq 2$ ise risk orta düzeydedir. Bu alan ikinci derecede sorunludur ve dikkatli olunmalıdır.
- $2 < r \leq 3$ ise risk orta yüksektir. Bu alan sorunludur ve derhal gerekli tedbirler alınarak riskin azaltılmasına çalışılmalıdır.
- $3 < r \leq 4$ ise yüksektir. Bu alandaki risk kabul edilemez düzeydedir. Eğer mümkünse riski azaltmak için çaba sarf edilmelidir; değilse bu alan veya faaliyet terk edilmelidir. Terk etme imkânı da yoksa riskin yol açacağı hasarı karşılamak için hazırlıklı olunmalıdır.

Düşük, orta, orta yüksek ve yüksek düzeyler sırasıyla koyu mavi, mavi, yeşil ve sarı renklerle ifade edilmiştir. Fakat bulanık mantık teorisi gereğince, farklı risk düzeylerine geçişler birden bire ve kesin renk ayrımları kullanılarak değil; renk tonları açılarak bulanıklığı belirtecek biçimde yapılmıştır.



Şekil 12: Bulanık çıkarım sistemiyle oluşturulan üç boyutlu risk matrisi.

Örneğin olasılık değeri 3,8 ve etki değeri 2,5 için; riskin sayısal değeri 2,5 düzeyinde belirlenmiş ve matris üzerinde yeşil ile sarı arasında bir renk tonuyla betimlenmiştir. Dolayısıyla bu alandaki risk “orta yüksek” düzeydedir ve sorunlu olarak tanımlanır.

5. Sonuç ve Tartışma

Risk yapı itibariyle belirsizlik ifade eder. Ortaya ıkma olasılığı ile etki şiddetinin düzeyi ve dolayısıyla da riskin alacağı değer; zaman, çevresel etkenler ve i faktörler gibi nedenlerle farklı durumlarda farklı boyutlarda şekillenebilir ve hiçbir zaman sadece bir doğru veya eğri üzerinde yer alan kesin bir rakamsal değer ile ifade edilemez. Bazen tahmin edilenin altında bazen ise üzerinde oluşabilir. Bu nedenle; en alt ve en st sınırlar içerisinde yer alan bölge içerisinde farklı değerler alabileceği dikkate alınmalıdır. Bulanık ıkarım sisteminde, doğru üyelik fonksiyonu altında kalan alan kabul edilen bölgeyi; yanlış üyelik fonksiyonu üzerinde kalan alan ise karşıt bölgeyi ifade eder. Bu bağlamda, aşağıdaki hususlar nedeniyle, bulanık küme teorisi ile risk kavramı yapısal açıdan bire bir rtuştğ düşünülmektedir:

- Risk belirsizlik ifade ettiğinden; risk değerlendirmesinde bulanık sayılara başvurmak mantıklı olacaktır.
- Riskin ortaya çıkma olasılığı sadece bir ihtimal olduğundan bulanık sayılarla ele alınabilir.
- Riskin neden olacağı etki sadece bir tahmin olduğundan bulanık sayılarla ele alınması en uygun yaklaşım olabilir.
- Bulanık sayılar temelinde hesaplanacak risk değeri en gerçekçi sonuçları verebilir.
- Bulanık sayılar temelinde oluşturulacak risk matrisi en gerçekçi görüntüyü sunabilir.

Bu çalışmada varılan sonuç; iç kontrol sürecinde, bulanık sayıların kural tabanlı bir sistemde kullanılmasıyla oluşturulacak risk matrisi temelinde yapılacak risk değerlendirme faaliyetlerinin, sübjektif etkileri azaltarak daha gerçekçi bilgiler sağlayabileceğinin görülmesi olmuştur. Durumsallık yaklaşımı gereğince, değişen veya değişmesi muhtemel tüm etkenlere göre riske karşı cevap verilirken; doğru üyelik fonksiyonu ve yanlış üyelik fonksiyonu görülebilir. Böylelikle risk değerlendirmesi ve risklerin yönetilmesi süreçleri ile ilgili olarak önemli yararlar sağlanabilir. Doğru ve yanlış üyelik fonksiyonları sayesinde;

- görmezden gelinebilir veya kabul edilebilir risk düzeyi daha gerçekçi ve güvenli şekilde tanımlanabilir;
- riskin hangi düzeye kadar önlenilebileceği daha net gösterilebilir;

İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma

- riskin hangi düzeye kadar azaltılabileceği açıkça ortaya konulabilir;
- riskten kaçınma kararı verilirken daha güvenilir bilgi sağlanabilir;
- riski transfer etme kararlarına daha güvenilir bir zemin sunulabilir;
- risk iştahı belirlenirken güvenli alanlar tanımlanarak bireysel önyargı ve hırsların engellenmesine katkıda bulunulabilir;
- risk iştahı ile kalıntı riskin daha güvenli sınırlar içerisinde kalması sağlanabilir.

6. Kaynakça

- 5018 Sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu. 24.12.2003 Tarih ve 25326 Sayılı Resmi Gazete.
- Akçakanat, Ö. 2012. “Kurumsal Risk Yönetimi ve Kurumsal Risk Yönetim Süreci”, Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi, 4 (7), 30-46.
- Akyel, R. 2010. “Türkiye’de İç Kontrol Kavramı, Unsurları ve Etkinliğinin Değerlendirilmesi”, Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim ve Ekonomi 17 (1), 83-97.
- Allegrini, M., D’Onza, G., Paape, L., Melville, R., Sarens, G. 2006. “The European literature review on internal auditing”, *Managerial Auditing Journal*, 21 (8), 845-853.
- Arena, M., Arnaboldi, M., Azzone, G. 2010. “The organizational dynamics of Enterprise Risk Management” *Organizations and Society*, 35 (October), 659-675.
- Arena, M., Arnaboldi, M., Palermo, T. 2017. “Accounting, “The dynamics of (dis)integrated risk management: A comparative field Study” *Organizations and Society*, 62, 65-81.
- Atmaca, M. 2012. “Muhasebe Skandallarının Önlenmesinde İç Kontrol Sisteminin Etkinleştirilmesi”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Dergisi* 14 (1), 191-205.
- Bayrakçı, E., Demirel, A. 2017. “İç Denetimin Yapısal ve İşlevsel Sorunlarının Türkiye’deki Üniversiteler Bağlamında Analizi”, *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 19 (33), 52-60.
- Can, A.V., 2010. “Krizin Muhasebesi ve Muhasebenin Krizi”, *Mali Çözüm*, 97, 21-47.
- Carnaghan, C. 2006. “Business process modeling approaches in the context of process level audit risk assessment: An analysis and comparison”, *International Journal of Accounting Information Systems*, 7, 170–204.
- Cengiz, S., Aslanoğlu, S. 2017. “İç Kontrol Sisteminin Şeffaflığı ve Kurumsal Yönetim Uygulamaları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: Borsa İstanbul’da Bir Uygulama”, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 8 (20), 40-59.
- COSO, 1992. *Internal Control-An Integrated Framework*. Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, AICPA, Jersey City, NJ, USA.

- COSO, 2004. Enterprise Risk Management-Integrated Framework: Application Techniques, Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, AICPA, Jersey City, NJ, USA.
- COSO, 2013. Internal Control-Integrated Framework: Executive Summary, Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, AICPA, Jersey City, NJ, USA.
- Cömert, N. 2013. “Denetim Süreci ve İç Kontrol”. Denetim (2. Baskı). Editör: Erdoğan, M. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi. ISBN- 978-975-06-1272-5.
- Dabbağoğlu, K. 2009. “İç Kontrol Sistemi”, Journal of Qafqaz University, 26, 109-115.
- Demir, M. 2010. “Türk Kamu Yönetiminde İç Denetim”. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Atılım Üniversitesi, SBE. Ankara.
- Emhan, A. (2009). Risk Yönetim Süreci ve Risk Yönetimde Kullanılan Teknikler. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 23(3).
- Görmen, M. 2017. “Kamuda İç Denetim Performansının Ölçümünde Bir Model Önerisi: Dengeli Başarı Göstergesi (DBG) Yaklaşımı”, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19/3, 975-997.
- Güner, M. F. 2009. “Kamu İdarelerinin Etkin Yönetiminde İç Kontrol Uygulamalarının Rolü”, Maliye Dergisi, 157 (Temmuz-Aralık), 183-195.
- Hayne, C., Free, C. 2014. “Hybridized professional groups and institutional work: COSO and the rise of enterprise risk management”, Accounting, Organizations and Society, 39, 309–330.
- Hitit Üniversitesi Risk Strateji Belgesi
http://cdn.hitit.edu.tr/sgdb/files/72691_1701191611544.docx, Erişim Tarihi: 20.02.2018.
- İç Kontrol ve Ön Mali Kontrole İlişkin Usul ve Esaslar. 31.12.2005 Tarih ve 26040 3. Mükerrer Sayılı Resmi Gazete.
- Jordan, K., Mitterhofer, H., Jørgensen, L. 2016. “The interdiscursive appeal of risk matrices: Collective symbols, flexibility normalism and the interplay of ‘risk’ and ‘uncertainty’”, Accounting, Organizations and Society (2016)
<http://dx.doi.org/10.1016/j.aos.2016.04.003> (Article in press).
- Kamu İç Denetim Rehberi. İç Denetim Koordinasyon Kurulu. Ankara: Eylül 2013.
- Kamu İç Kontrol Standartları Tebliği. 26.12.2007 Tarih ve 26738 Sayılı Resmi Gazete.
- Kamu İç Kontrol Rehberi, Maliye Bakanlığının 07.02.2014 tarih ve 13 sayılı onayı ile, <https://kontrol.bumko.gov.tr/Eklenti/8227,kamuickontrolrehberi1versiyon12.pdf?0>, Erişim Tarihi: 20.02.2018.
- Kara, S. 2011. “İç Denetimde Risk Yönetimi”. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Celal Bayar Üniversitesi, SBE, İşletme ABD. Manisa.
- Karacaer, S., İbrahimoğlu, N. 2003. “İşletme Yönetiminde Muhasebe Bilgi Sistemi, İç Kontrol, Verimlilik İlişkisi ve Önemi”, H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 21 (1), 211-228.

**İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı:
Örnek Bir Çalışma**

- Karcıoğlu, R., Kurnaz, E. 2017. “Kamu Kurumlarında İç Denetim Faaliyetlerinin Yürütülmesinde Karşılaşılan Başlıca Sorunların Tespiti: Kamu İç Denetçilerine Yönelik Bir Araştırma”, İGÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 4 (2), ICEFM 2017 Özel Sayısı, 67-88.
- Kesik, A. 2005. “5018 Sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu Bağlamında ve AB Sürecinde Türk Kamu İç Mali Kontrol Sistemi”, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9, 94-114.
- Khaleghi, S., Givehchi, S., Karimi, S. 2013. “Fuzzy Risk Assessment and Categorization, based on Event Tree Analysis (ETA) and Layer of Protection Analysis (LOPA): Case Study in Gas Transport System”, World Applied Programming, 3, (9), 417-426.
- Kinney, W. R. 2003. “Auditing Risk Assessment and Risk Management Processes”. Research Opportunities in Internal Auditing. Editörler: Bailey, A., Gramling, A. ve Ramamoorti, S. Altamonte Springs, FL, USA : The Institute of Internal Auditors Research Foundation. ISBN 0-89413-498-1.
- Klir, G.J., Yuan, B. 1995. Fuzzy Set Theory: Foundations and Applications, New York, US: Prentice-Hall.
- Knechel, R.W., 2007. “The business risk audit: Origins, obstacles and opportunities”, Accounting, Organizations and Society 32, 383–408.
- Korkmaz, U. 2007. “Kamuda İç Denetim (1)”, Bütçe Dünyası Dergisi, 2 (25), Bahar, 4-15.
- Lai, Y.J., Hwang, C.L. 1992. Fuzzy Mathematical Programming. Berlin: Springer-Verlag.
- Lawry, J. 2006. “Vague Concepts and Fuzzy Sets”. Modelling and Reasoning with Vague Concepts. Studies in Computational Intelligence, Vol. 12. Boston, MA, US: Springer. ISBN-978-0-387-29056-0
- Mamdani, E. H., Assilian, S., 1975. “An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller”, International Journal of Man- Machine Studies, 7, 1-13.
- Majumder, D., Debnathb, J., Biswasb, A. 2013. “Risk analysis in construction sites using fuzzy reasoning and fuzzy analytic hierarchy process”, International Conference on Computational Intelligence: Modeling Techniques and Applications (CIMTA) 2013, Procedia Technology, 10, 604 – 614.
- Markowski, A. S., Mannan, M. S. 2009. “Fuzzy logic for piping risk assessment (pfLOPA)”, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 22, 921–927.
- Markowski, A. S., Mannan, M. S., Kotynia, A., Pawlak, H. 2011. “Application of fuzzy logic to explosion risk assessment”, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24, 780-790.
- McNamee, D. 1997. “Risk-based auditing”, Internal Auditor, 54 (4), 22-27.
- Mustafa, M. A., Al-Bahar, J. F. 1991. “Project Risk Analytic Assessment Using the Hierarchy Process”, IEEE Transactions on Engineering Management, 38 (1), 46-52.

- Norman, Strand C., Rose, A:M., Rose, J.M. 2010. "Internal audit reporting lines, fraud risk decomposition, and assessments of fraud risk", *Accounting, Organizations and Society*, 35, 546-557
- Örenay, H. 2010. "Kamu İç Mali Kontrol Sistemi ve Türkiye Uygulaması", *SAYDER Dış Denetim Dergisi*, 1 (Temmuz-Ağustos-Eylül), 137-142.
- Özkardeş, L. 2017. "Kurumsal Firmaların İç Kontrol, İç Denetim ve Riske Yaklaşımları", *Journal of Yasar University*, 12 (47), 192-201.
- Power, M. 2013. "The apparatus of fraud risk", *Accounting, Organizations and Society*, 38, 525-543.
- Shang K., Hossen Z. 2013. "Research Paper: Applying Fuzzy Logic to Risk Assessment and Decision-Making", *Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries*, 1-59. <https://www.soa.org/Files/Research/Projects/research-2013-fuzzy-logic.pdf>,
- Shevchenko, P. V., Wüthrich, M. V. 2006. "The Structural Modelling of Operational Risk via Bayesian inference: Combining Loss Data with Expert Opinions", *The Journal of Operational Risk* 1(3), 3-26.
- Shapiro, A. F., Koissi, M-C, 2015. "Research Paper: Risk Assessment Applications of Fuzzy Logic", *Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries*, 1-112. <https://www.soa.org/Files/Research/Projects/2015-risk-assess-apps-fuzzy-logic.pdf>. Erişim Tarihi: 20.02.2018.
- şen Z., 2009. *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme*. Genişletilmiş 3. Baskı, İstanbul: Su Vakfı, Yayınları. ISBN-978-975-6455-42-5.
- Takagi, T., Sugeno, M. 1985. "Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 15(1), 116-132.
- Toroslu, M. V. 2014. *Türk Ticaret Kanunu Kapsamında İç Kontrol ve İç Denetim*. İstanbul: Vedat Kitapçılık.
- Türedi, H., Zor, Ü., Gürbüz, F. 2015. "Risk Odaklı İç Denetim", *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 66, 1-20.
- Türk Dil Kurumu, Güncel Sözlük, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts, Erişim Tarihi: 20.02.2018.
- Uşul, H., Titiz, İ., Ateş, B.A. "İç Kontrol Sisteminin Kurumsal Yönetimin Oluşumundaki Etkinliği: Marmara Bölgesi Belediye İşletmelerine Yönelik Bir Uygulama" *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 49, 48-54.
- Wu, W., Cheng, G., Hu, H., Zhou, Q. 2013. "'Risk analysis of corrosion failures of equipment in refining and petrochemical plants based on fuzzy set theory", *Engineering Failure Analysis*, 32, 23-34.
- Yaman, A. 2008. "Kamu İç Kontrol Sisteminin Başarı Faktörleri", *Mali Hukuk Dergisi*, 138 (Kasım-Aralık), 28-34.
- Zadeh, L.A. 1965. "Fuzzy Sets", *Information and Control* 8, 338-353.