

*Article History*

*Received / Geliş*  
*04.08.2019*

*Accepted / Kabul*  
*29.10.2019*

*Available Online / Yayınlanma*  
*31.10.2019*

## **A RESEARCH ABOUT USING TYPE-2 FUZZY INFERENCE SYSTEM IN RISK ASSESSMENT WITHIN INTERNAL CONTROL**

**TİP-2 BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİNİN İÇ KONTROL KAPSAMINDAKİ RİSK DEĞERLENDİRMEDE KULLANIMI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA<sup>1</sup>**

***Hakan SELDÜZ<sup>2</sup>***  
***Nurullah UMARUSMAN<sup>3</sup>***

### **Abstract**

According to Law number 5018 Public Financial Management and Control Law, it is decreed to set and operate internal control systems in public administrations. Risk assessment is one of the five elements of internal control systems. Currently, risk assessment activities are conducted as directly and simply grading the risk criteria, defined by top management, on a scorecard by related individuals. Because this process involves subjective judgements, it might not represent fully realistic results. The usefulness of fuzzy logic, which is suitable for the uncertainty of risk and human behavior, is proved for risk assessment activities within many various fields. This study aims to research the appropriateness of Type-2 Fuzzy Inference System for risk assessment activities. Scope of the research is the risk assessment phase which is an element of internal control systems of public administrations. In accordance with purpose and scope of the study, the risk assessment example, given in RY Box 13 of Ministry of Finance – General Directorate of Budget and Financial Control–Guide for Public Internal Control, is solved by applying MATLAB program and Sugeno method with Type-2 Fuzzy Set. Findings indicate that Type-2 Inference System is quite suitable for risk assessment activities within internal control systems.

**Key words:** Internal control, risk assessment, Type-2 fuzzy set.

### **Özet**

5018 Sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu, kamu idarelerinde iç kontrol sistemlerinin kurulup işletilmesini zorunlu kılmaktadır. Risk değerlendirme, iç kontrolün bileşenlerinden biridir. Mevcut durumda, risk değerlendirme faaliyetleri üst yönetimin belirlediği risk kriterlerinin ilgili bireyler tarafından bir puanlama kartı üzerinde doğrudan ve basitçe puanlanmasıyla yapılmaktadır. Bu durum subjektif yargılar içerdiğinden gerçekçi sonuçlar vermeyebilir. Riskin ve insan davranışlarının içerdiği belirsizliğe uygun olan bulanık mantığın pek çok farklı alandaki risk değerlendirme faaliyetlerinde kullanışlılığı ispatlanmıştır. Bu çalışmanın amacı Tip-2 Bulanık Çıkarım Sisteminin risk değerlendirme faaliyetlerinde kullanışlılığının araştırılmasıdır. Araştırma, kamu idarelerinin iç kontrol sistemlerinin bir bileşeni olan risk değerlendirme aşamasını kapsamaktadır. Amaç ve kapsam doğrultusunda Maliye Bakanlığı – Bütçe ve Mali Kontrol Genel Müdürlüğü– Kamu İç Kontrol Rehberi RY Kutu 13'te verilen risk değerlendirme örneği, MATLAB programı ve Sugeno yöntemine başvurulularak Tip-2 Bulanık Küme ile çözülmüştür. Elde edilen bulgular Tip-2 Bulanık Çıkarım Sisteminin iç kontrol sistemlerindeki risk değerlendirme faaliyetlerinde kullanılmaya gayet uygun olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İç kontrol, risk değerlendirme, Tip-2 bulanık küme.

<sup>1</sup> Bu çalışma, 25-27 Haziran 2019 tarihleri arasında Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi ev sahipliğinde düzenlenen III. Uluslararası Eğitim Bilimleri ve Sosyal Bilimler Sempozyumu'nda sunulan "Aralık Tip-2 Bulanık Çıkarım Sisteminin İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmede Kullanımı Üzerine Bir Araştırma" başlıklı bildirinin ismi düzeltilerek içeriği genişletilmiş halidir.

<sup>2</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Aksaray Üniversitesi, İ.İ.B.F. İşletme Bölümü, Muhasebe ve Finansman Anabilim Dalı, e-posta: hakanselduz@aksaray.edu.tr

<sup>3</sup> Doç. Dr., Aksaray Üniversitesi, İ.İ.B.F. İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, e-posta: nurullah.umarusman@aksaray.edu.tr

## **GİRİŞ**

Bir örnek olay (vaka çalışması-case study) niteliğindeki bu çalışmanın amacı Tip-2 Bulanık Çıkarım Sisteminin, iç kontrol sistemleri kapsamındaki risk değerlendirme faaliyetlerinde kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Araştırma, iç kontrol sistemlerinin risk değerlendirme bileşenini kapsamakta olup; kavramsal açıdan kamu idarelerinin iç kontrol sistemleri bünyesindeki risk değerlendirme faaliyetleri ve uygulama açısından da Kamu İç Kontrol Rehberi RY Kutu 13'te verilen örneklerle sınırlandırılmıştır. Tek bir örneğe ait verilerin tek bir yöntemle çözülmüş olması araştırmanın en önemli kısıtıdır. Amacı, kapsamı, sınırları ve kısıtı doğrultusunda, önce iç kontrol ve risk değerlendirme konuları kavramsal açıdan açıklanmış; kamu idarelerinin iç kontrol sistemleri kapsamındaki risk değerlendirme hakkındaki mevzuat ve kullanılan yöntemler incelenerek mevcut sorunlar tespit edilmiştir. Mevcut sorunlardan hareketle, Bulanık Mantık (BM) temelindeki Bulanık Çıkarım Sistemleri (BÇS) yapı, işleyiş ve türleri itibarıyla kısaca özetlenmiştir. Ardından kamu idarelerinin iç kontrol sistemleri ve risk değerlendirmede BÇS kullanımıyla ilgili bir literatür taraması verilmiştir. Uygulama aşamasında ise Maliye Bakanlığı – Bütçe ve Mali Kontrol Genel Müdürlüğü- Kamu İç Kontrol Rehberi RY Kutu 13'te verilen risk değerlendirme örneği, MATLAB programı ve Sugeno yöntemine başvurularak Tip-2 Bulanık Küme Çıkarım Sistemi (T-2BÇS) ile çözülmüştür. Elde edilen bulgular T-2BÇS'nin iç kontrol sistemlerindeki risk değerlendirme faaliyetlerinde kullanılmaya gayet uygun olduğunu göstermektedir.

### **1. İç Kontrol ile İlgili Kavramsal Çerçeve**

Yaşanan finansal skandallar ve krizlerin ardından; kurumsal yönetim, risk yönetimi ve kurumsal risk yönetimi anlayışları popüler hale gelmesiyle iç kontrole verilen önem artmıştır. Dünya genelinde yapılan teknik ve yasal düzenlemelerle geleneksel mali iç kontrolden risk odaklı iç kontrole doğru bir geçiş benimsenmiştir (Power, 2013). Bu doğrultuda Türkiye'de 24.12.2003 tarihinde 5018 sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu çıkarılarak kamu idarelerinin küresel ihtiyaçlara ve çağdaş anlayışlara uygun iç kontrol sistemlerine kavuşturulabilmeleri amaçlanmıştır (Akyel, 2010).

Amerikan Sertifikalı Muhasebeciler Enstitüsü (AICPA), Treadway Komisyonunu Destekleyen Kuruluşlar Komitesi (COSO), Kanada Sertifikalı Muhasebeciler Enstitüsü Kontrol Kurulu (CICA-CoCo), ABD Sayıştay (GAO), Uluslararası Sayıştaylar Birliği (INTOSAI), İç Denetçiler Enstitüsü (IIA) ve Avrupa Komisyonu gibi bazı kuruluşlar iç kontrolle ilgili pek çok çalışma yapmış ve kendi amaçlarına göre iç kontrolü tanımlamışlardır. İç kontrol, kurumsal faaliyetlerin mevzuat ve etik doğrultusunda verimli ve etkili bir şekilde sürdürülebilmesi ile mali ve mali olmayan bilgilerin güvenilirliği hakkında makul seviyede yeterli bir güvence sağlanması amaçlarına yönelik kurumsal boyutta benimsenmiş politikalar, prosedürler, uygulamalar ve yöntemlerden oluşan birçok sistemi bünyesinde barındıran ve süreklilik gösteren bir süreç olarak tanımlanabilir (Kesik, 2005; Yaman, 2008; Dabbağoğlu, 2009; Güner, 2009; Atmaca, 2012; Özkardeş, 2017).

İç kontrol, mevcudiyeti zorunlu görülen bir süreçtir. Kurumun işlevsel, teknik, ticari, mali ve yönetsel bütün faaliyetlerini kapsar. İçlerine nüfuz ederek bunları tamamlar. Risklerin yönetilmesine yardımcı olarak kurumsal hedeflere ulaşmaya katkı sağlar. Riskleri karşılamak için makul bir güvence sunar (Akyel, 2010). Birbirleri ile uyumlu ve birbirlerini destekleyen önlemlerden oluşan bir sistemdir. Risk yönetimi ve kurumsallaşma açılarından büyük öneme sahip; önleyici, saptayıcı, yönlendirici ve tamamlayıcı faaliyetlere ilişkin kontrolleri içerir (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 içerir (Dabbağoğlu, 2009). Yalnızca bir yönetmelik ve evraklar bütünü değil; kurumun tüm üyeleri ile etkileşime açık bir süreçtir (Güner, 2009).

Yöneticilerin kurumu yönetebilmelerine ve olası risklerin üstesinden gelerek kurumsal amaçlara ulaşmada sürekliliği sağlayabilmelerine yardımcı olmak üzere örgütsel altyapının bir parçasını meydana getirir. Yönetim faaliyetinin kontrollü bir biçimde devam ettirilebilmesini amaçlayan bir yönetim aracı olarak da ele alınabilir (Korkmaz, 2007). Kurumsal faaliyetlere değer katmak ve geliştirmek üzere tasarlanmış bağımsız ve objektif bir güçlendirme ve danışmanlık süreçleri olarak da düşünülebilir (Karacaer & İbrahimoglu, 2003). Kısacası iç kontrol; bir kurumdaki mali ve mali olmayan bütün işlemlere ait sorumlulukları ve sorumluları tanımlayarak hesap sorulabilirlik sağlamak suretiyle iç ve dış taraflara yönelik makul düzeyde bir güvence verme amacına yönelmiş bir süreçtir.

### 1.1. Kamu idarelerinde iç kontrol

5018 sayılı kanunun 55nci maddesi kamu idarelerinde tesis edilmesi öngörülen iç kontrolü aşağıdaki gibi tanımlamaktadır.

*... idarenin amaçlarına, belirlenmiş politikalara ve mevzuata uygun olarak faaliyetlerin etkili, ekonomik ve verimli bir şekilde yürütülmesini, varlık ve kaynakların korunmasını, muhasebe kayıtlarının doğru ve tam olarak tutulmasını, malî bilgi ve yönetim bilgisinin zamanında ve güvenilir olarak üretilmesini sağlamak üzere idare tarafından oluşturulan organizasyon, yöntem ve süreçle iç denetimi kapsayan malî ve diğer kontroller bütünüdür.*

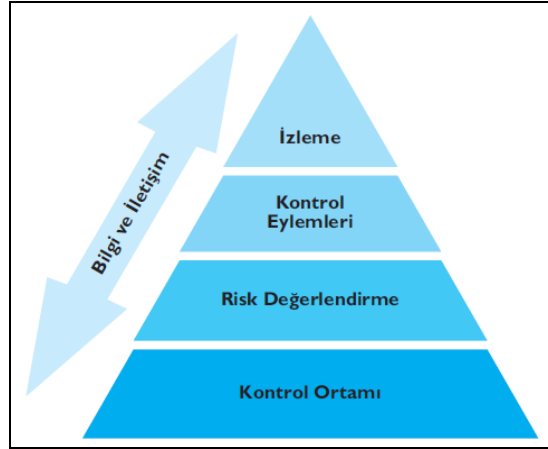
Kanunun 57nci maddesi ise “Kamu idarelerinin malî yönetim ve kontrol sistemleri; harcama birimleri, muhasebe ve malî hizmetler ile ön malî kontrol ve iç denetimden oluşur” diyerek iç kontrolün temel yapısını oluşturan unsurları açıklamaktadır. Buna göre iç kontrol temelde; ön mali kontrol ve iç denetim faaliyetlerini kapsamaktadır. Tanımı, yapısal özellikleri ve kapsamı itibarıyla kamu idareleri açısından iç kontrolün AICPA, COSO, CICA-CoCo, GAO, INTOSAI, IIA ve Avrupa Komisyonu gibi kurumlarca ele alınışına benzediği görülmektedir. Dolayısıyla kamu idarelerinde kurulması istenilen iç kontrol sistemlerinin çağdaş anlayışlara uygun bir şekilde küresel ihtiyaçları karşılama amacını güttüğü söylenebilir.

### 1.2. COSO iç kontrol modeli

Farklı amaçlar ve bu amaçlar doğrultusunda benimsenen yaklaşımlar temelinde farklı iç kontrol modellerine başvurulmaktadır. Bunlardan COSO iç kontrol modeli oldukça yaygın bir biçimde kabul görmektedir. COSO iç kontrol modeli kurumsal yönetim anlayışının yerleştirilmesi yoluyla hileli raporlamayı azaltabilmek amacıyla; AICPA, Amerikan Muhasebeciler Birliği (AAA), Uluslararası Finansal Yöneticiler Birliği (FEI), IIA ve Yönetim Muhasebecileri Enstitüsü'nden (IMA) meydana gelen COSO tarafından geliştirilmiştir (Hayne & Free, 2014). CoCo, CobiT, JSOX, Turn Bull Raporunda öngörülen model, SysTrust, Cadbury, Sarbanes-Oxley, GAO, eSAC, Avustralya İç Denetçiler Enstitüsü (ACC) gibi diğer pek çok iç kontrol modeli ise COSO modeli temelinde önerilmiştir (Yaman, 2008; Dabbağoğlu, 2009; Güner, 2009; Örenay, 2010; Kara, 2011; Atmaca, 2012; Cömert, 2013; Türedi, Zor, & Gürbüz, 2015).

COSO iç kontrol modeli bir biriyle girift ilişkiler sergileyen, bir eşgüdüm dâhilinde ve eşzamanlı olarak yürütülmesi gereken etkileşimli beş bileşene sahiptir. Kontrol ortamı, risk değerlendirme, kontrol eylemleri, izleme ile bilgi ve iletişimden oluşan bu beş bileşen Şekil 1’de verilen COSO iç kontrol piramidiyle gösterilmektedir.

**Şekil 1:** COSO iç kontrol piramidi



Kaynak: Cömert, 2013: 56.

COSO iç kontrol modelinin üç temel amacı vardır. Birincisi, kurumsal faaliyetlerin mevzuat ve etik ilkelerle tam bir uygunluk içinde sürdürülmesidir. İkinci amacı, bu faaliyetlerin etkin ve verimli kılınması yani başarılı olmasıdır. Üçüncü amaç ise faaliyetlere ilişkin güvenilir düzeyde finansal bilgiler sunulmasıdır. COSO modelinin beş temel bileşeni ile üç temel amacı; kurumsal birimler ve faaliyetlerle birlikte Şekil 2'deki COSO kontrol küpü üzerinde bütünlük bir biçimde ifade edilmektedir (COSO, 1992; 2004; 2013).

**Şekil 2:** COSO İç Kontrol Küpü.



Kaynak: Kamu İç Kontrol Rehberi, 2014: 57.

### 1.3. İç kontrolde risk değerlendirme

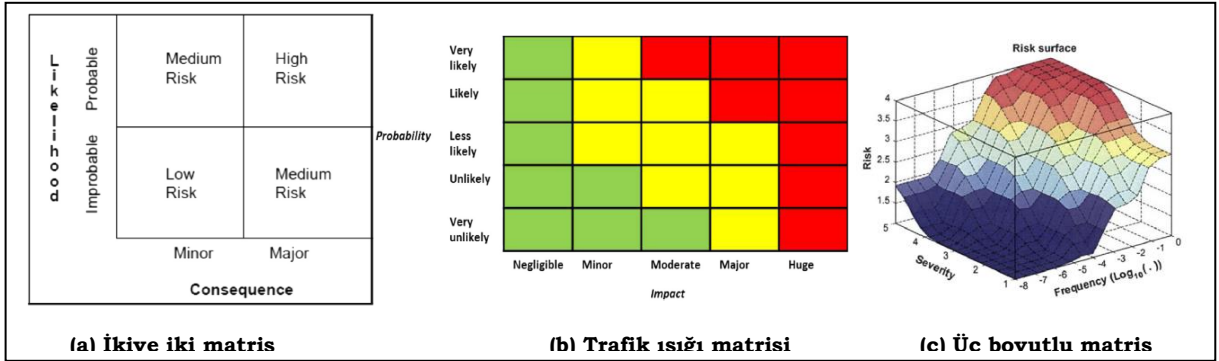
İç kontrol sisteminin bileşenlerinden biri de risk değerlendirmedir. Bir kurum açısından risk; kurumsal amaç ve hedeflere ulaşmayı olumsuz etkileyebilecek olaylardır. Beklenmedik olaylardan doğan risk tehlike; değişimler sonucu ortaya çıkan risk belirsizlik ve riski kurum menfaatine kullanabilme olasılığı ve yeteneği varsa fırsat olarak algılanır. COSO iç kontrol modelinde ise temel kurumsal riskler kaynaklarına göre üçlü bir sınıflandırmaya tabi tutulur (Kinney, 2003; Anıl Keskin, 2010).

- Dış riskler : Müşterilerden veya hizmetten yararlananlardan, teknolojidene ve mevzuattan kaynaklanır.
- İç riskler : Yeniden yapılanma, kurumsal kaynaklar ve davranışsal faktörlerden kaynaklanır.
- Özel riskler : Çevresel faktörlerdeki değişimler ve belirsizlikten kaynaklanır.

Risk değerlendirme esas itibariyle herhangi bir kontrol ortamı içerisindeki kurumsal amaçların belirlenmesi, iç ve dış risk kriterlerinin tanımlanması, ölçülmesi, çözümlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması şeklindeki ardışık aşamalardan oluşur (McNamee, 1997; Kesik, 2005). Risk, somut değil; soyut bir kavram olduğundan metrik bir ölçü birimi temelinde ölçülmesi imkânsızdır. Bu nedenle, bir risk kriterinin ortaya çıkma olasılığı ve ortaya çıkması durumunda kurum üzerinde meydana getireceği etkinin şiddeti şeklinde iki faktörü olduğunun varsayılarak bu iki faktör üzerinden ölçülmesi yaygın bir yaklaşım olarak benimsenmiştir. Bu yöntem, Kamu İç Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi'nde (2017) göreceli yöntem olarak tanımlanmıştır. Olasılık ve etki faktörleri vasıtasıyla risk kriterleri değerlendirilirken, uygun sayısal veriler bulunması durumunda niceleyici ölçümlere başvurmak daha güvenilir sonuçlar sağlayabilir. Fakat genellikle elverişli sayısal veriden yoksunluk sıkıntısı çekilmektedir. Bu yüzden çoğu zaman nesnel ifadelerle dayanan niteleyici değerlendirmeler kullanılmaktadır. İç kontrol sistemleri mali ve mali olmayan gibi sayılabilen ve sayılamayan tüm riskleri içerdiğinden; ayrık, aralıklı ve sürekli verilerin tümüyle birlikte çalışılması bir zorunluluktur. Bu nedenle, risk faktörlerinin ve kriterlerinin nümerik değerleri tespit edilirken niceleyici ve niteleyici metotların bir bileşkesine başvurulması yararlıdır (Kinney, 2003; Arena, Arnaboldi , & Palermo, 2017).

Anlaşılabilirliği kolaylaştırmak amacıyla risk kriterleri bir harita üzerinde görselleştirilmesi yaygın bir uygulamadır (Jordan, Mitterhofer, & Jørgensen, 2018). Bu bağlamda kullanılan farklı tiplerdeki bazı risk matrisleri Şekil 3'te görülebilir. Olasılık faktörünün imkânsız ile muhtemel ve etki faktörünün düşük ile yüksek şeklinde iki temel düzeyde sırasıyla y ve x eksenlerinde verildiği ikiye iki matris en yalın biçimdir. Trafik ışığı tipi matriste ise olasılık ve etki faktörleri yine y ve x eksenlerinde ancak bu kez iki yerine; örneğin üç, beş veya yedi gibi daha fazla düzeyde gösterilir. Risk kriterleri de yine ikiye iki matris tipinde olduğu gibi düşük, orta ve yüksek olarak tanımlanır ancak sırasıyla yeşil, sarı ve kırmızı renklerle betimlenerek görsellik artırılır. Üç boyutlu matris derinlik ve yükseklik kazandırması itibariyle bazı kullanıcılar için daha çekicidir. Olasılık ve etki faktörleri diğer iki tipte olduğu gibi yine y ve x eksenleri üzerinde yer alırken risk kriterinin aldığı değer z ekseninde gösterilir. Risk faktörleri ile risk kriterleri değerleri bir-üç, bir-beş veya bir-yedi ya da daha geniş bir aralıkta tanımlanarak renklendirilebilir. Böylelikle çukurlar, eğimli alanlar ve tepeler daha rahat gözlenerek risklerin yönetilmesiyle ilgili kararlar alınırken karar vericilere daha kullanışlı bilgiler sunulabilir.

**Şekil 3:** Sık kullanılan risk matrisi örnekleri.



Kaynak: Jordan vd., 2018: 38-49.

#### 1.4. Kamu iç kontrolünde risk değerlendirme

Türkiye’de kamu idarelerinin iç kontrol kapsamındaki risk değerlendirme faaliyetleri; 5018 sayılı kanun ile bunun düzenleyici metinleri arasında sayılabilecek olan İç Kontrol ve Ön Mali Kontrole İlişkin Usul ve Esaslar (2005), Strateji Geliştirme Birimlerinin Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik (2006), Kamu İdarelerince Hazırlanacak Faaliyet Raporları Hakkında Yönetmelik (2006), Kamu İç Kontrol Standartları Tebliği (2007), Kamu İç Denetim Rehberi (2013) ve Kamu İç Kontrol Rehberi (2014) uyarınca sürdürülmektedir.

Kamu İç Kontrol Rehberi’nde (2014, s. 34) “Risklerin değerlendirilmesi, riskler tespit edildikten sonra risklerin ölçülmesi, önceliklendirilmesi ve kaydedilmesi aşamalarını kapsar” ifadesi ile kamu idareleri açısından risk değerlendirme sürecinin aşamaları belirginleştirilmiştir. Aynı rehberdeki “Ölçme, her riskin olma olasılığı ve etkisinin hesaplanmasıdır” ifadesi ise Kamu İç Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi’nde (2017) önerilen iki yöntemden biri olan göreceli yöntemle işaret etmektedir. Kamu idarelerinde tespit edilen risklerin olasılık ve etkileri 1 ila 10 arasında rakamlar kullanılarak ölçülür. Kamu İç Kontrol Rehberi’nde olasılık ve etki aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (2014, s. 35):

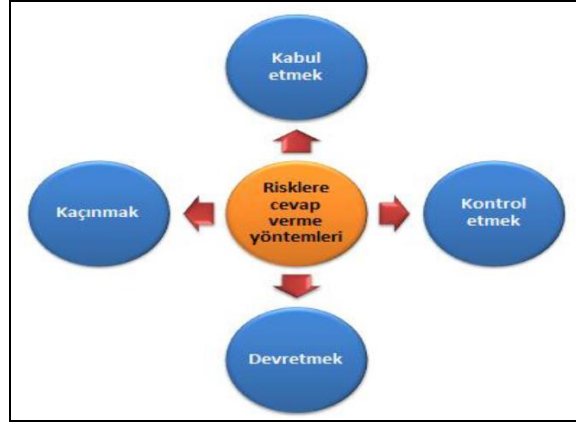
- *Olasılık, bir olayın belirli bir zaman diliminde gerçekleşmesi durumunu ifade eder*
- *Etki ise bu olayın meydana gelmesi halinde, idarenin hedef ve faaliyetleri üzerinde yaratacağı sonucu ifade eder.*

Rehberde, risklerin değerlendirilmesinde üçlü bir sınıflandırma kullanılması önerilmiştir. Düşük risk düzeyi için yeşil; orta risk seviyesi için sarı ve yüksek risk seviyesi için ise kırmızı rengin kullanıldığı trafik ışığı matrisi şeklindeki bir risk haritası kullanılarak risk seviyelerinin daha rahat görülebileceği belirtilmiştir. Risklerin doğal risk ve kalıntı risk temelinde değerlendirilmesi öngörülmektedir. Doğal risk, hedeflere ilişkin tespit edilmiş risklerin herhangi bir cevap verilmeden önceki seviyesidir. Kalıntı risk ise yönetimin riskin ortaya çıkma olasılığını ve etkisini azaltmak için aldığı önlemlerden sonra arta kalan risktir. Rehber, riskleri yönetebilmek için risklere verilen cevapların ardından arta kalan risk düzeylerinin ölçülmesi gerektiğini belirtmektedir. Eğer kalıntı riskin düzeyi kabul edilebilir risk düzeyini aşıyorsa, verilen cevap yöntemlerinin etkinlik ve yeterlilik açılarından sorgulanması ve verilecek cevapların gözden geçirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Risklerin puanları belirlendikten sonra önemlerine göre en yüksek puana sahip riskten başlayarak bir sıralamaya sokulur. Fakat bazı kilit riskler puanları daha

düşük olsa bile yönetim tarafından daha öncelikli olarak belirlenebilir. Öncelik sıraları belirlendikten sonra risklere nasıl cevap verileceği kararı alınır. Rehberde risklere yönelik dört farklı karar alınabileceği belirtilmektedir (Şekil 4).

**Şekil 4:** Risklere cevap verme yöntemleri



Kaynak: Kamu İç Kontrol Rehberi (2014, s. 41).

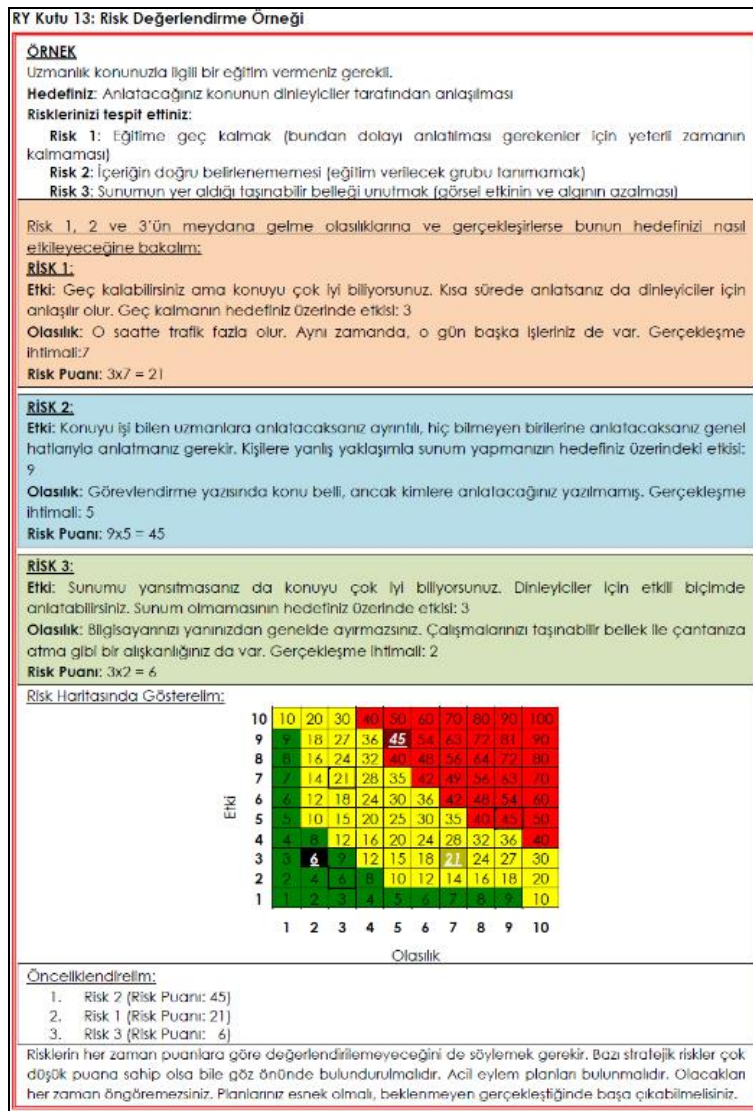
Bunlardan birincisi riski kabul ederek ilgili faaliyete olduğu gibi devam etmektir. Doğal risk, risk iştahı içerisindeyse; riskle ilgili alınacak önlemlerin sağlayacağı faydanın bunların maliyetinden daha düşük olduğu anlaşılırsa ve yönetimin kontrolü dışında kalan riskin kaynaklandığı faaliyeti sonlandırmak mümkün değilse risk kabul edilir. İkincisi, riski kabul edilebilir bir düzeyde tutmak için gerekli faaliyetlere başvurmak yani kontrol etmektir. Bu faaliyetler yönlendirici, önleyici, tespit edici ve düzeltici kontrollerdir. Üçüncü seçenek, ilgili faaliyetleri uzmanlık, donanım ve kaynak açısından yeterli olan başka bir birim ya da kuruluşa devretmektir. Riskin kaynaklandığı faaliyetin konuda uzman başka bir idareye kısmen veya tamamen devredilmesi; ihale ve sigorta gibi yöntemlerle risk devredilebilir. Bu seçenek yanlış anlaşılmalıdır. İdare, bu yalnızca faaliyetlerin ve risklerle başa çıkılabilmesi için gerekli olan kontrollerin yürütülmesini devredebilir, sorumluluktan kurtulamaz; yani risk bir bakıma paylaşılmaktadır. Son karar tipi ise kaçınmaktır. Eğer risk yönetilemeyecek kadar büyükse veya kaynaklandığı faaliyet hayati öneme sahip değilse, bu faaliyet sonlandırılabilir.

Kamu İç Kontrol Rehberi RY Kutu 13'te (2014, s. 38) bir örnek verilerek yapılan açıklamalar somutlaştırılmış ve kamu idarelerinde mevcut durumdaki risk değerlendirme sürecinin işleyişi sergilenmiştir (Resim 1). Örneğe ait konu, hedef ve risk kriterlerinin anlaşılabilirlik sağlamak amacıyla oldukça basit tutulduğu görülmektedir. Oysa Kamu İç Denetim Rehberi ve Kamu İç Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi'nde kamu idareleri için önerilen "bütçe büyüklüğü; işlem hacmi-personel sayısı; faaliyetlerin karmaşıklığı; mevzuatın yoğunluğu; yapısal-işlevsel-teknik değişiklikler ve bilgi teknoloji sisteminin yapısı" gibi risk kriterlerinin belirsizlik ve karmaşıklık düzeyleri çok daha yüksektir. Yani ilgilenilecek gerçek riskler, verilen örnekte yer alan risklerden çok daha karmaşıktır. İç denetçilerin görevleri arasında iç kontrol sistemlerinin etkinliğini denetlemek olduğu hatırlandığında; bu kriterlerin aslında iç kontrol kapsamındaki risk değerlendirme için de temel alınması gerektiği söylenebilir.

Kamu idarelerinde, iç kontrol sistemleri kapsamındaki risk değerlendirme faaliyetleri ile ilgili mevzuat ve uygulamalara yön veren düzenleyici metinlerin incelenmesi sonucunda aşağıdaki sorunlar tanımlanmıştır:

- Riskleri belirleme ve ölçmeyle ilgili olarak genel itibariyle yöntem, veri elde etme ve işleme sorunları yaşandığı ileri sürülebilir.
- Mevcut durumda, risk değerlendirme faaliyetleri üst yönetim tarafından belirlenmiş risk kriterlerinin Kamu İç Kontrol Rehberi RY Ek 2'de verilen risk oylama formu (2014, s. 49-50) üzerinde ilgili bireyler tarafından olasılık ve şiddet faktörlerine doğrudan ve basitçe puanlar verilerek yapılmaktadır. Risklerin olasılık ve şiddet değerleri belirlenirken dilsel verilerin sayısal hale getirilmesinde genel kabul görmüş bir ölçek olmadığından ilgili bireyler tamamen kendi fikirleri doğrultusunda puanlar vermektedir. Bu durum, kişisel kaygı ve ön yargılar yüzünden subjektiflik içermesi sebebiyle gerçekçi sonuçlar elde edilmesini engelleyebilir.
- Risk oylama formunun çözümlenmesi ve subjektif etkilerin giderilmesine yönelik herhangi bir bilimsel yöntem kullanılmamaktadır.

**Resim 1: Göreceli yöntemle risk değerlendirme örneği**



Kaynak: Kamu İç Kontrol Rehberi (2014, s. 38).



### 1.5. Kamu iç kontrolünde risk değerlendirme hakkındaki bazı çalışmalar

Türkiye’de, kamu idarelerinin iç kontrol sistemleri ve iç kontrol kapsamındaki risk değerlendirme hakkında yapılan bazı çalışmalar şunlardır:

- Güner (2009) kamu idarelerinin etkin bir şekilde yönetilebilmesi konusunda iç kontrolün önemini incelemiş ve risk değerlendirmenin önemine vurgu yapmıştır.
- Akyel’e (2010) göre kamu idarelerinin iç kontrol süreçleri hakkındaki mevzuat hukuki ve yapısal açıdan yeterli düzeydedir fakat uygulamada, özellikle risk değerlendirmeye ilgili sorunlar bulunmaktadır.
- Usul vd. (2011) önleyici, tespit edici, yönlendirici ve tamamlayıcı alt sistemlerden oluşan etkin bir iç kontrolün kurumsal yönetim anlayışına varabilmek için gerekli olduğunu belirtmişlerdir.
- Can ve Çetin (2016) Devlet Üniversitelerinde iç kontrolün durumu hakkındaki çalışmalarında, performans ve risk odaklı yönetim ile iç kontrol anlayışının yeterince gelişmediğini; risk değerlendirme faaliyetlerinin zayıf olduğunu ifade etmişlerdir.
- Bayrakçı ve Demirel (2017) üniversitelerin iç denetim sorunlarıyla ilgili çalışmalarında, iç denetim ile ilgili mevzuatının yapısal ve işlevsel anlamda yeterli olduğunu ancak etkin çalışmadığı ve bazı sorunlu alanlar bulunduğunu ifade etmişlerdir. Bu sorunların iç kontrol sistemlerinin özellikle risk değerlendirmenin mevcut durumuna bağlanması mümkündür.
- Görmen (2017) kamu iç denetimi başarısı hakkındaki araştırmasında, iç kontrol sisteminin etkinliğinin önemini dile getirmiştir. İç denetimden beklenen faydanın kurumsal yönetim, kurumsal risk yönetimi ve iç kontrol sistemlerinin olgunluk düzeylerine bağlı olduğunu iddia etmiş ve risk değerlendirmenin önemini vurgulamıştır.
- Karcioğlu ve Kurnaz (2017) kamu idarelerinde iç denetimin başarılı olabilmesi için iç kontrol sisteminin etkinliğinin en önemli faktörlerden biri olduğunu ifade etmişlerdir. Risk değerlendirmenin önemine işaret etmiş ve iç kontrolün yetersizliği yüzünden iç denetçilerin görev tanımlarında olmayan başka türlü işleri de yapmak zorunda kaldıklarını tespit etmişlerdir.
- Seldüz (2018) Devlet Üniversitelerinde iç kontrol kapsamındaki risk değerlendirmenin durumunu incelemiştir. Risk değerlendirmesi hakkında mevzuatta istenilen yapının oluşturulduğunu; uygulama bakımından da önemli yol almalarına rağmen bazı sorunlar yaşandığını belirtmiştir. Bireylerin doğrudan yaptıkları ve kişisel ön yargılarını da içeren puanlamaların subjektiflik içereceğini ve bu şekildeki risk değerlendirmenin yanıltıcı sonuçlara neden olabileceğini dile getirmiştir.

Bu noktada, riskin ve insan davranışlarının içerdiği belirsizliğe uygun olan BM akla gelmektedir. BM temelinde geliştirilmiş olan farklı tiplerdeki BÇS’lerin pek çok farklı alandaki risk değerlendirme faaliyetlerine uygunluğunu ispatlayan çok sayıda araştırma bulunmaktadır.

## **2. Bulanık Küme ve Bulanık Çıkarım Sistemleri**

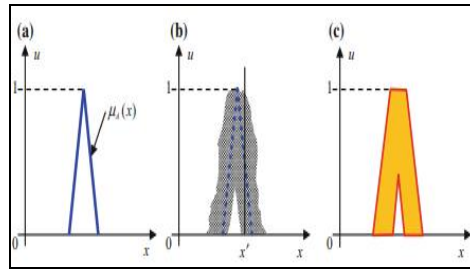
Zadeh (1965) tarafından önerilen BK’de bir unsur bir kümenin belirli bir derecede elemanı olabileceği gibi eşzamanlı olarak başka kümelerin de yine belirli bir derecede elemanı olabilir. Bu sayede, dilsel verilere dayalı nitel girdilerin kural tabanlı bir sistemde işlenmesi ve yine dilsel olarak ifade edilen belirsizlik içeren kavramların

anlamlı biçimde tanımlanması mümkün hale gelmektedir. Esasen daima bir klasik kümenin alt kümesi olan BK (Licata, 2012, s. 16), üyelikten üye olmamaya dereceli geçişi açıklama yeteneğine sahiptir. Bu yetenek hem sosyal hem fen bilimleri alanlarında büyük fayda sağlamaktadır.

## 2.1. Bulanık küme türleri

Bulanık bir küme, her bir elemana matematiksel olarak üyelik derecesini ifade eden bir değer atanarak oluşturulur. Buna Klasik Bulanık Küme veya Tip-1 Bulanık Küme (T-1BK) denir. T-1BK’de elemanların üyelik dereceleri  $[0;1]$  aralığındaki kesin değerlerden oluşur (Zimmmermann, 1987). BK’nin pek çok genişlemesi bulunmaktadır. Bunlardan ilki olan Tip-2 Bulanık Küme (T-2BK) yine Zadeh (1975) tarafından tanımlanmıştır. T-2BK’de her bir elemanın üyelik dereceleri için kullanılan üyelik fonksiyonları aynı zamanda bir BK belirtir. T-1BK’de elemanlara ait üyelik fonksiyonları tanımlanırken belirsizlik gözlenmesi durumunda T-2BK kullanılır. Bulanıklaştırılmış üyelik fonksiyonları düzgün bir geometrik şekle sahip olmadığından; üyelik fonksiyonlarının daha iyi ifade edilmesi ve hesaplamada kolaylık sağlayabilmek için belirsizliğin ayak izi (Footprint of uncertainty-FOU) adı verilen düzgün bir geometrik şekle sahip sınırları belirli bir alan meydana getirilir (Mendel, John, & Liu, 2006). Şekil 5’te T-1BK’den T-2BK’ye geçiş görülebilir.

**Şekil 5:** T-1BK (a) ve bulanıklaştırılmış T-1BK (b) ile T-2BK üyelik fonksiyonları ve FOU (c).



Kaynak: Öztürk vd. (2017, s. 4)

T-2BK, kural tabanlı BÇS’lerde belirsizliklerin etkilerini en aza indirir. Kuralların yapısı T-1BK ve T-2BK’de tamamen ve çıkarım işlemi ise neredeyse aynıdır (Karaköse & Akın, 2003). T-2BK üyelik fonksiyonlarının aralıklı değer olması yüzünden durulaştırmadan önce T-1BK’ye indirgeme işlemine gerek vardır. Durulaştırma işlemiyle aritmetik ortalama alınarak tek bir değer elde edilir. T-2BK’nin değişik türleri arasında en çok Karnik vd. (1999) Aralık Tip-2 Bulanık Küme (AT-2BK) kullanılmaktadır.

Atanassov (1986) tarafından tanımlanan Sezgisel Bulanık Küme (SBK) elemanlarının üyelik ve üye olmama dereceleri toplamının bire eşit olması gerekmektedir. Muhtemel bir tereddüt derecesi nedeniyle; SBK’de üye olmama derecesi her zaman bir eksi üyelik derecesi olmayabilir (Radwan, Senousy, & Riad, 2016). Daha fazla ve yoğun belirsizlik bulunan problemlerde SBK daha kullanışlı olmaktadır (Hernandez-Aguila, Garcia-Valdez, & Castillo, 2016). BK’nin diğer bir genişlemesi de Gau ve Buehrer (1993) tarafından önerilen ve Türkçe’de Müphem Küme (MK) olarak ifadesi uygun görünen “Vague Set” isimli kümedir. MK temelde SBK ile aynı yapısal özelliklere sahiptir (Radwan, Senousy, & Riad, 2016). Bu nedenle bazı yazarlar MK ile SBK’nin aynı şey olduğunu iddia etmişlerdir (Bustince & Burillo, 1996). Fakat Lu ve Ng (2005) üyelik ile ilgili tanımları aynı olmasına rağmen; MK sayesinde belirsiz verilerin daha sezgisel bir biçimde görselleştirilebildiğini ve bu sayede veri ilişkileri, eksiklikleri ve benzerlik ölçütlerinin daha iyi analiz edilebileceğini belirterek MK’nin

SBK'ye göre daha kullanışlı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Tablo 1'de BK türleri özetlenmiştir.

**Tablo 1:** *Bulanık Küme türlerinin temel özellikleri*

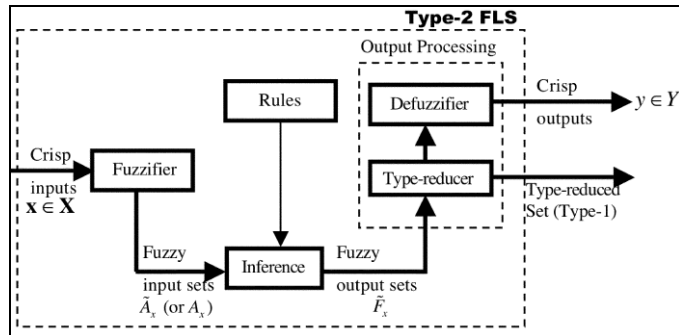
	T-1BK	T-2BK	SBK	MK
Fikir Babası	Zadeh, 1965	Zadeh, 1975	Atanssov, 1983	Gau ve Buehrer, 1999
Tereddüt Kaynağı	Bilişsellik derecesi	Kanıtların ve karşı kanıtların derecesi	Kanıtların ve karşı kanıtların derecesi	Kanıtların ve karşı kanıtların derecesi
Üyelik Fonksiyonu	Aidiyet derecesi	Bulanık üyelik fonksiyonu	Üyelik ve karşı üyelik fonksiyonları derecesi	Üyelik ve karşı üyelik fonksiyonları derecesi
Belirsizlik Tipleri	Belirsizlik	Belirsizlik, belgisizlik	Belirsizlik, belgisizlik	Belirsizlik, belgisizlik, muğlaklık

Kaynak: Radwan vd.'den (2016, s. 6) uyarlanmıştır.

## 2.2. Bulanık çıkarım sistemleri ve Tip-2 bulanık çıkarım sistemi

Bulanık Modelleme, bulanık “eğer-ise” kuralları ve “bulanık çıkarım” kavramına dayanır. Genel bir BÇS, kesin ve/veya bulanık girdileri kullanarak bulanık çıktılar elde eder. Bu sebeple BK'yi temsil edecek keskin değeri bulmak için durulaştırma işlemine başvurulur. Üç adımla açıklanabilecek T-2BÇS'nin farkı; çıktı sürecinde durulaştırma öncesinde T-1BK'ye indirgeme işlemi yapılmasıdır (Şekil 6). Birinci adımda keskin girdiler bulanıklaştırılır ve kurallar yazılır. İkinci adımda T-2BK'lerle ifade edilen girdiler ve kurallar Mamdani veya Sugeno gibi yöntemlere göre düzenlenmiş bulanık çıkarım mekanizmasında bir araya getirilir. Çıkarım mekanizmasının sonucunda T-2BK'ler şeklinde çıktılar elde edilir. Üçüncü adım iki aşamadan meydana gelir. İlk önce T-2BK şeklindeki çıktılar indirgemeye tabi tutularak T-1BK haline dönüştürülür. Ardından T-1BK şekline çevrilmiş çıktılar durulaştırılarak keskin değerler elde edilir. Durulaştırma işlemi ağırlık merkezi (centroid), ortalama ağırlık center-of-sums veya height, modified height or center-of-sets gibi diğer bir yöntem kullanılarak yapılabilir. BÇS için en çok başvurulan yazılımlardan biri MATLAB isimli programdır.

**Şekil 6:** *T-2BÇS süreci*



Kaynak: Mendel vd. (2006, s. 814)

### 2.3. Risk değerlendirmede bulanık kümenin kullanımı hakkındaki bazı çalışmalar

BK'nin finansal, ekonomik ve yönetsel konulardaki risk değerlendirmesinde kullanımıyla ilgili araştırmalardan bazıları aşağıda sunulmuştur:

- Mustafa ve Al-Bahar (1991) inşaat projelerinde finansal ve ekonomik riskleri de içeren araştırmalarında Analitik Hiyerarşi Prosesinin (AHP) faydalı olabileceğini belirtmişlerdir. Risk değerlendirmede klasik ve kavramsal modellerin kullanılabilirliğini; BK'nin kavramsal modellere örnek olduğunu ifade etmişlerdir.
- Shang ve Hossen (2013) risk değerlendirme ve karar almada BM uygulamalarını araştırarak Kanada Risk Yönetimi Müşterek Departmanı (CAS/CIA/SOA, Joint Risk Management Section) için bir rapor hazırlamışlardır. Sugeno veya Mamdani yöntemleri temelinde kurulacak BÇS'lerin; haklarında yeterli bilgi olmayan ya da muğlak veriye sahip riskleri analiz etmeye uygun olduğunu belirtmişlerdir. Raporda iki uygulama yer almaktadır. İlk uygulamada, bir işletme hakkında kamuoyundaki olumsuz görüşlerin hisse senetlerinin borsa fiyatı üzerinde meydana getirebileceği kısa ve işletme saygınlığı üzerinde oluşturabileceği uzun vadeli tehlikelerin belirlenmesi ve riskin değerlendirilmesi verilmiştir. Diğer uygulamada, risk iştahından hareketle işletmenin bütçeleme kararları irdelenmiştir. Vardıkları sonuçlar BÇS'lerin iyi anlaşılabilen ve kendileriyle ilgili direkt sayısal veri yoksunluğu bulunan risklerin değerlendirmesinde kullanışlı olduğunu; BÇS'lerin insan mantığı ve muğlak girdilere uygun olduğunu; karar almaya önemli katkıda bulunduğunu göstermektedir.
- Shapiro ve Koissi (2015), yine Kanada Risk Yönetimi Müşterek Departmanı (CAS/CIA/SOA, Joint Risk Management Section) tarafından desteklenen başka bir çalışmada, risk değerlendirme BM ve BÇS'nin kullanımı hakkında geniş kapsamlı bir literatür taraması hazırlamışlardır. Uygulamalarda genelde Mamdani ve Sugeno yöntemlerine başvurulduğunu belirtmişlerdir. İnceledikleri 125 adet farklı araştırma doğrultusunda; BÇS'nin risk değerlendirmede güvenilir sonuçlar sağladığı ve bulanık risk değerlendirme modellerinin aktüeryal amaçlara da uygun olduğu sonucuna varılmıştır.
- Seldüz ve Umarusman (2018) iç denetim bünyesindeki risk değerlendirmede Mamdani BÇS'yi test etmiş ve Kamu İç Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi'ndeki örneği T-1BÇS ile çözerek daha güvenilir sonuçlar sağladıklarını ileri sürmüşlerdir.
- Umarusman ve Seldüz (2018) kamu idarelerinin iç kontrol sistemi içerisindeki risk değerlendirmede BÇS'nin uygulanabilirliğini incelemişlerdir. Mevzuatta yer alan bir örneği, Mamdani T-1BÇS ile çözmüş ve daha tutarlı sonuçlar elde ettiklerini iddia etmişlerdir.

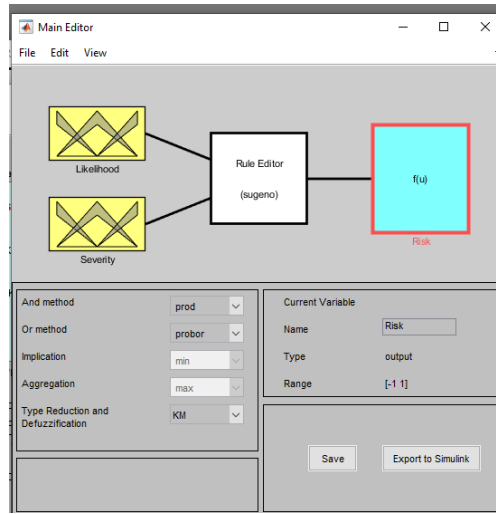
### **3. Araştırmanın Amacı, Kapsamı, Sınırları, Kısıtları ve Yöntemi**

Bu çalışmanın amacı T-2BÇS'nin iç kontrol kapsamındaki risk değerlendirmede kullanılıp kullanılmayacağını test edilmesi olarak belirlenmiştir. Araştırma, iç kontrol sistemleri dâhilindeki risk değerlendirme faaliyetlerini kapsamaktadır. Kavramsal açıdan kamu idarelerinin iç kontrol sistemlerindeki risk değerlendirme faaliyetlerini; uygulama açısından ise Kamu İç Kontrol Rehberi RY Kutu 13'te verilen örnekle sınırlandırılmıştır. Tek bir örneğe ait verilerin tek bir yöntemle başvurulmuş olması araştırmanın kısıtı olarak ifade edilebilir. Kamu İç Kontrol Rehberi RY Kutu 13'te verilen örneğin Sugeno tipi T-2BÇS ile çözümünü konu edinerek tek bir

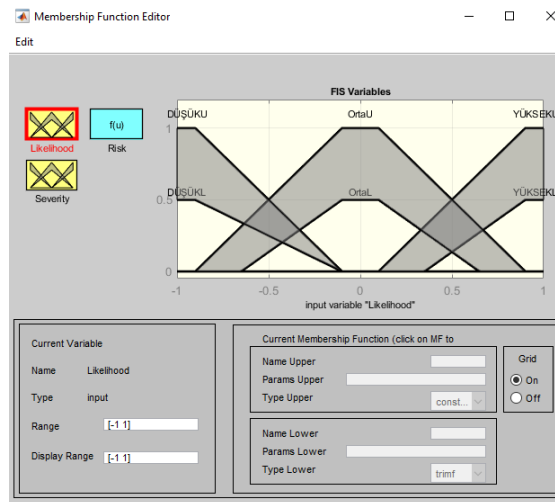
uygulamayı içermesi sebebiyle bu araştırmanın yöntem açısından bir vaka çalışması ve örnek olay (case study) özellikleri taşıdığı söylenebilir.

Birinci adımda, rehberdeki örnekte yer alan verilerden elde edilen risk faktörleri için üst ve alt üyelik fonksiyonları tanımlanmış ve keskin girdi değerleri üçgensel ve/veya yamuk T-2BK'lerle ifade edilerek bulanık girdi kümeleri sağlanmıştır. Ardından risk kriterleri için olasılık ve şiddet faktörleri üzerinden ve T-2BK'lerle ifade edilen bulanık girdi kümelerine bağlı olarak “eğer... ve... ise...” kuralları yazılmıştır. İlgili işlemlerin Taşkın ve Kumbasar (2015) tarafından geliştirilen MATLAB programı Tip-2 Bulanık Mantık Sistemleri araç kutusu kullanılarak sağlanan ekran görüntüleri Şekil 7, 8, 9, 10 ve 11’de verilmiştir.

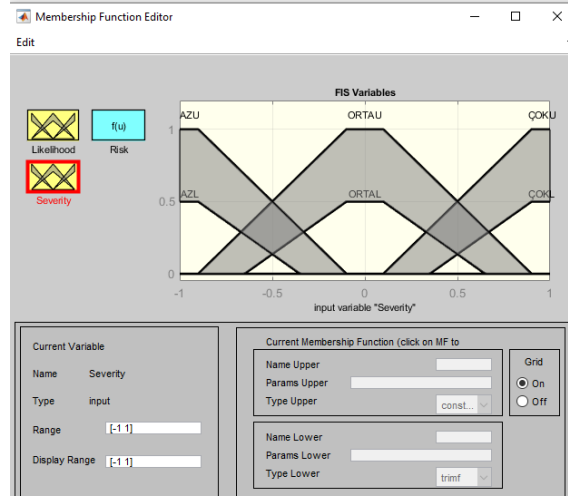
**Şekil 7:** Sugeno tipi T-2BÇS'nin kurulması ve seçenekler



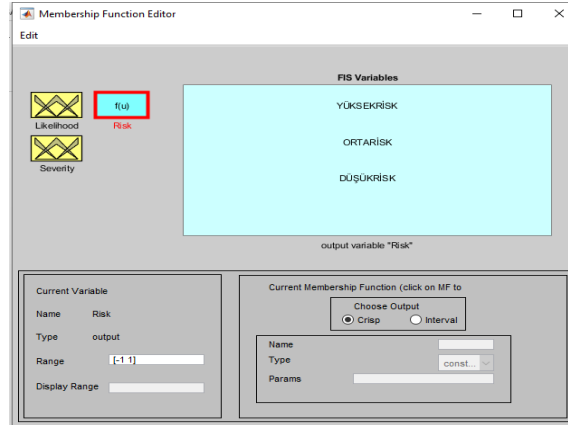
**Şekil 8:** Olasılık faktörüne ait T-2BK üyelik fonksiyonları (girdi)



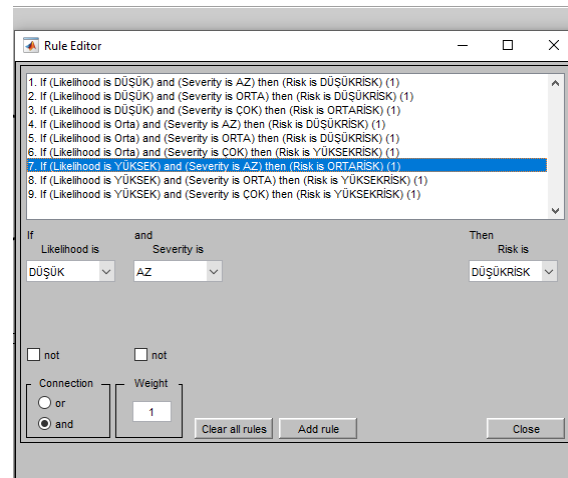
Şekil 9: Şiddet faktörüne ait T-2BK üyelik fonksiyonları (girdi)



Şekil 10: Risk kriterine ait tanımlar ve seçenekler (çıktı)

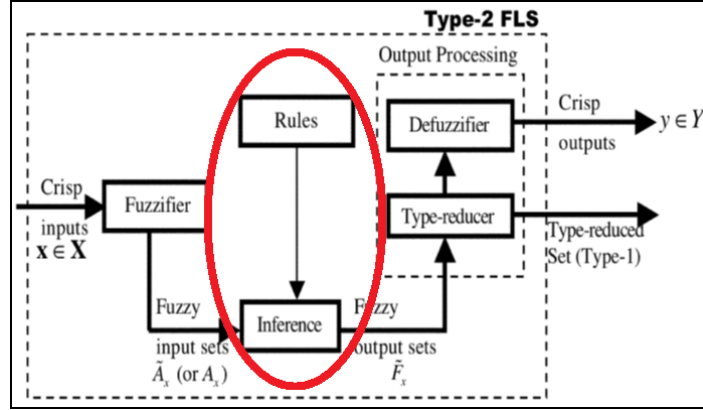


Şekil 11: Kuralların yazılması



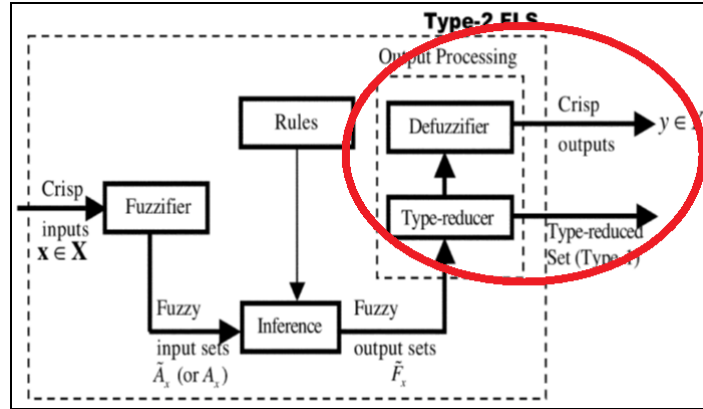
İkinci adımda, T-2BK'lerle ifade edilen bulanık girdiler ile MATLAB programında yazılan kurallar Sugeno yöntemine göre düzenlenmiş bulanık çıkarım mekanizmasında buluşturulmuştur. Mekanizmanın çalıştırılmasıyla T-2BK'lerden ibaret bulanık çıktı kümeleri elde edilerek bir araya getirilmiştir (Şekil 12).

**Şekil 12:** Kuralların ve T-2BK girdilerinin buluşturulması



Üçüncü adımda, T-2BK'lerle ifade edilen çıktılar "indirgeyici" vasıtasıyla indirgeme işlemine tabi tutularak "Tip-1 düzeyine indirgenmiş küme" biçiminde bulanık çıktılar sağlanmıştır. Ardından durulaştırma işlemiyle bulanık haldeki risk kriteri değerleri, keskin çıktılara dönüştürülmüştür. Durulaştırmada, kullanışlılığı ve T-2BK'ya uygunluğu açısından ağırlık merkezi (centroid) yöntemi kullanılmıştır. Gerekirse ortalama ağırlık (center-of-sums) veya yükseklik (height), modifiye yükseklik (modified height) veya kümelerin merkezi (center-of-sets) gibi diğer bir yöntem de kullanılabilir (Şekil 13).

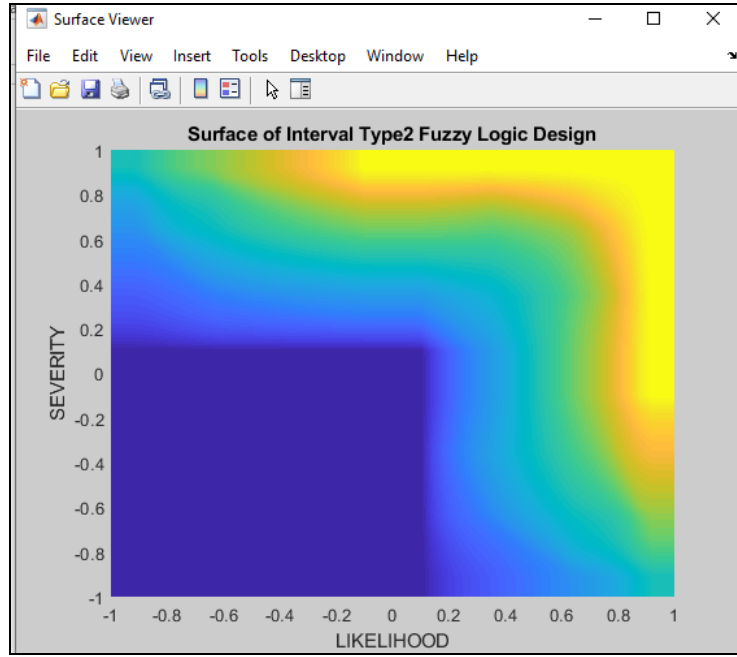
**Şekil 13:** İndirgeme ve durulaştırma işlemleri



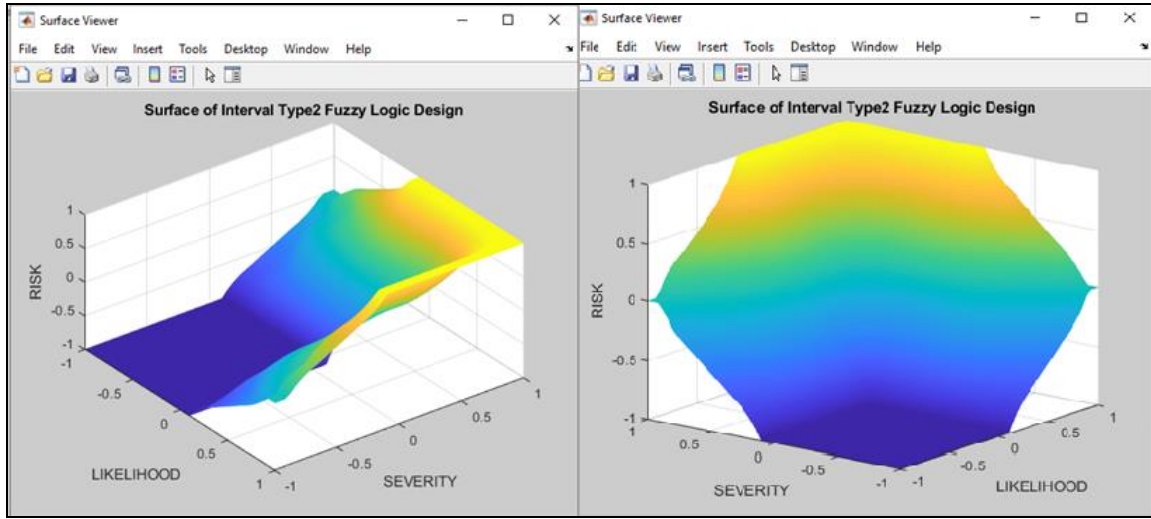
## BULGULAR

Sugeno tipi T-2BÇS'ye başvurularak elde edilen keskin çıktılar ile iki (Şekil 14) ve üç boyutlu risk matrisleri (Şekil 15) oluşturulmuştur. Matrislerde yer alan en koyu mavi alanlar en az riskli bölgeleri gösterirken renk sarılaştıkça yüksek riski ifade etmektedir. Üç boyutlu matrislerde ise renk kombinasyonu aynı kalmakla birlikte; yüksekliğin artması risk düzeyinin de arttığına işaret etmektedir.

**Şekil 14:** İki boyutlu Sugeno tipi T-2BÇS risk matrisi



**Şekil 15:** Üç boyutlu Sugeno tipi T-2BÇS risk matrisinin farklı açılardan görüntüsü



Kamu İç Kontrol Rehberi RY Kutu 13'te elde edilen sonuçlara göre meydana getirilen risk matrisi ile bu çalışma sonucunda meydana gelen risk matrisi Şekil 1'da karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Farklılık karşılaştırmalı bir biçimde sergilenmiştir.



**Şekil 16:** Rehberdeki çözüm ile karşılaştırma

10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Olasılık

10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Olasılık

## SONUÇ

Risk değerlendirmesi, farklı alanlarda yapılırsa da temelde aynı yapıya sahip ve benzer amaçlara hizmet eden bir faaliyettir. O yüzden, bu çalışmada önerilen yöntemin, başta kamu ve özel sektörde iç kontrol kapsamındaki risk değerlendirme olmak üzere; diğer sosyal ve fen bilimleri alanlarındaki risk değerlendirme faaliyetlerine de kolayca uyarlanması mümkün görünmektedir. Bu çalışmayla varılan temel sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Elde edilen bulgular, T-2BÇS'nin iç kontrol ve iç denetim kapsamındaki tüm risk değerlendirme faaliyetlerine uygun olduğunu göstermektedir.
- Karmaşık görünse de MATLAB programı üzerine eklenebilen Tip-2 Bulanık Mantık Sistemleri araç kutusu (Taşkın & Kumbasar, 2015) sayesinde Sugeno yöntemiyle kolayca uygulanabildiği görülmüştür.

Bu araştırmanın bulguları, Kamu İç kontrol Rehberi RY Kutu 13'teki örneklerle kıyaslandığında aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir:

- Keskin girdiler yerine riskin içerdiği belirsizliğe uygun olan bulanık sayıların kullanılmasıyla; daha gerçekçi risk düzeyleri belirlenebildiği iddia edilebilir.
- Sugeno yöntemi insan davranışlarına ve belirsizliğe çok uygun olduğundan daha güvenilir risk değerlendirmesi sonuçları elde edildiği ileri sürülebilir.
- T-2 BÇS, dilsel verilerin daha tutarlı bir biçimde sayısallaştırılması ve sayısal verilerin daha güvenilir bir şekilde analiz edilmesi konusunda; kamu iç kontrol sistemlerinin ihtiyaçlarını karşılayabilir.

Bu araştırmanın bulguları ve bulgular ışığında varılan sonuçları doğrultusunda gelecekte incelenmesi muhtemel bazı konular önerilebilir.

- Bu çalışmada Kamu İç Kontrol Rehberi RY Kutu 13'te verilen örneğe ait veriler kullanılmıştır. Örnekte, bu verilerin bir puanlama kartı üzerinde ilgili personel tarafından doğrudan puanlama yoluyla edinildiği varsayılmaktadır. Ancak, risk faktörlerine bir puanlama kartı üzerinde doğrudan nümerik değer atamak yerine; anket yöntemiyle sorular ve/veya önermeler üzerinden dolaylı şekilde nümerik değerlerinin belirlenmesi daha nesnel sonuçlar verebilir. İleride, iç kontrol kapsamındaki risk değerlendirmede ilgili bireylere uygulamak üzere bir ölçek geliştirilmesi yararlı olabilir.

- Bu çalışmada “eğer...ise...” kuralları oluşturulurken; olasılık faktörü riskin önkoşulu olduğu ve mevzuatta etki faktörüne daha fazla önem atfedildiğinden “ve” bağlacı kullanılmıştır. Özellikle olasılık ve etki faktörlerinin eşit öneme sahip olduğu düşünülen risk değerlendirmelerinde “veya” bağlacının denenmesi önerilebilir.
- Bu çalışmada durulaştırma için ağırlık merkezi (centroid) yöntemi kullanılmıştır. Gelecekteki çalışmalarda diğer yöntemler de test edilebilir.
- Gelecekte yapılacak çalışmalarda AHP'nin de sisteme entegre edilmesi ve Sugeno yöntemi dışındaki BÇS'lerin de denenmesi yararlı olabilir. Ayrıca, T-2BÇS yerine AT-2BK ve SBK'nin denenmesi de önerilebilir.

#### **KAYNAKÇA**

- 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.
- Anıl Keskin, D. (2010). İşletmelerin Sürekliliğini Sağlamada Kritik Öneme Sahip Risk Yönetimi ve Risk Odaklı Denetim Yaklaşımı. Denetim Dergisi(4), 38-46.
- Arena, M., Arnaboldi, M., & Palermo, T. (2017). The dynamics of (dis)integrated risk management: A comparative field Study. Accounting, Organizations and Society(62), 65-81.
- Atanassov, K. T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy sets and Systems, 20(1), 87-96.
- 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.
- Bustince, H., & Burillo, P. (1996). Vague sets are intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems(79), 403-405.
- Can, E., & Çetin, C. (2016). Devlet Üniversitelerinde İç Kontrol Sisteminin işleyişine Yönelik Bir Araştırma. Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi, 11(2), 108-140.
- COSO. (1992). Internal Control-An Integrated Framework. AICPA. Jersey City, NJ, USA: Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission.
- COSO. (2004). Enterprise Risk Management-Integrated Framework: Application Techniques. AICPA. Jersey City, NJ, USA: Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, AICPA.
- COSO. (2013). Internal Control-Integrated Framework: Executive Summary. AICPA. Jersey City, NJ, USA: Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, AICPA.
- Cömert, N. (2013). Denetim Süreci ve İç Kontrol. M. Editör: Erdoğan içinde, Denetim (2. Baskı). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Dabbağoğlu, K. (2009). İç Kontrol Sistemi. Journal of Qafqaz University(26), 109-115.
- Gau, W., & Buehrer, D. (1993). Vague sets. IEEE Trans. On of India, INDIA Systems, Man, and Cybernetics(23), 610-614.
- 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.

- Hernandez-Aguila, A., Garcia-Valdez, M., & Castillo, O. (2016). A Proposal for an Intuitionistic Fuzzy Inference System. IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ), (s. 1294-1300).
- İç Denetim Koordinasyon Kurulu. (2013). Kamu İç Denetim Rehberi. Ankara, Eylül 2013.
- İç Denetim Koordinasyon Kurulu. (2017). Kamu İç Denetiminde Risk Değerlendirme Rehberi. Ocak 18, 2018 tarihinde <http://www.idkk.gov.tr/Sayfalar/Mevzuat/Ucuncul%20Duzey%20Mevzuat/RiskDegerlendirmeRehberi.aspx> adresinden alındı
- İç Kontrol ve Ön Mali Kontrole İlişkin Usul ve Esaslar. 31.12.2005 Tarih ve 26040 3. Mükerrer Sayılı Resmi Gazete.
- Jordan, S., Mitterhofer, H., & Jørgensen, L. (2018). The interdiscursive appeal of risk matrices: Collective symbols, flexibility normalism and the interplay of 'risk' and 'uncertainty'. Accounting, Organizations and Society, 67(May), 34-55.
- Kamu İç Kontrol Rehberi. Maliye Bakanlığının 07.02.2014 tarih ve 13 sayılı onayı ile. 02 20, 2018 tarihinde <https://kontrol.bumko.gov.tr/Eklenti/8227,kamuickontrolrehberi1versiyon12.pdf?0> adresinden alındı
- Kamu İç Kontrol Standartları Tebliği. 26.12.2007 Tarih ve 26738 Sayılı Resmi Gazete.
- Kamu İdarelerince Hazırlanacak Faaliyet Raporları Hakkında Yönetmelik. 17.03.2006 Tarih ve 26111 Sayılı Resmi Gazete.
- Kara, S. (2011). İç Denetimde Risk Yönetimi. Manisa: Yayınlanmamış Doktora Tezi. Celal Bayar Üniversitesi, SBE, İşletme ABD. .
- Karacaer, S., & İbrahimoglu, N. (2003). İşletme Yönetiminde Muhasebe Bilgi Sistemi, İç Kontrol, Verimlilik İlişkisi ve Önemi. H.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 21(1), 211-228.
- Karaköse, M., & Akin, E. (2003). Tip-2 Bulanık Filtre. 10. Ulusal Elektirik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Kongresi. 18-21 Eylül 2003, İstanbul.
- Karçioğlu, 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.
- Karnik, N., Mendel, J., & Liang, Q. (1999). Type-2 Fuzzy Logic Systems. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 7(6), 643-658.
- 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.
- Kinney, W. (2003). Auditing Risk Assessment and Risk Management Processes. A. Bailey , A. Gramling, & S. Ramamooti içinde, Research Opportunities in Internal Auditing. FL, USA: The Institute of Internal Auditors Research Found.
- Korkmaz, U. (2007). Kamuda İç Denetim (1). Bütçe Dünyası Dergisi, 2(25 Bahar), 4-15.
- Licata, G. (2012). Fuzzy Logic, Knowledge and Natural Language. M. Azeem içinde, Fuzzy Inference System – Theory and Applications (s. 3-18). Rijeka, Croatia: InTech.
- Lu, A., & Ng, W. (2005). Vague sets or intuitionistic fuzzy sets for handling vague data: Which one is better? 24th international conference on conceptual modelling (ER 2005), (s. 401-416). Klagenfurt, Austria.
- McNamee, D. (1997). Risk-based auditing. Internal Auditor, 54(4), 22-27.
- Mendel, J., John, R., & Liu, F. (2006). Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems Made Simple. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 14(6), 808-821.

- Mustafa, M., & Al-Bahar, J. (1991). Project Risk Analytic Assessment Using the Hierarchy Process. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 38(1), 46-52.
- 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.
- Öztürk, M., Paksoy, T., & Öztürk, M. (2017). A Research on the Importance of Using Interval Type-2 Fuzzy Logic Method in Supplier Selection. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 10(2), 1-18.
- Power, M. (2013). The apparatus of fraud risk. *Accounting, Organizations and Society*(38), 525-543.
- Radwan, N., Senousy, M., & Riad, A. (2016). Approaches for Managing Uncertainty in Learning Management Systems. *Egyptian Computer Science Journal*, 40(2), 1-10.
- Seldüz, H. (2018). Devlet Üniversitelerinin İç Kontrol Sistemleri Kapsamındaki Risk Değerlendirme Faaliyetlerinde Mevcut Durum ve Sorunlar. 1st International Congress on Politics, Economics and Financial Analysis-2018 (PEFA'18), April 26-28, 2018. Aydın/Türkiye.
- Seldüz, H., & Umarusman, N. (2018). Kamu İç Denetçilerinin Risk Değerlendirme Faaliyetlerine Yönelik Bir Öneri: Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanılması. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(MODAV 15. Uluslararası Muhasebe Konferansı Özel Sayısı), ös33-ös65.
- Shang, K., & Hossen, Z. (2013). Applying Fuzzy Logic to Risk Assessment and Decision-Making. Canada: Joint Risk Management Section (Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries). 2 20, 2018 tarihinde <https://www.soa.org/Files/Research/Projects/research-2013-fuzzy-logic.pdf> adresinden alındı
- Shapiro, A., & Koissi, M.-C. (2015). Risk Assessment Applications of Fuzzy Logic. Canada: Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries. 2 20, 2018 tarihinde <https://www.soa.org/Files/Research/Projects/2015-risk-assess-apps-fuzzy-logic.pdf> adresinden alındı
- Strateji Geliştirme Birimlerinin Çalışma Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik. 18.02.2006 Tarih ve 26084 Sayılı Resmi Gazete.
- Taşkın, A., & Kumbasar, T. (2015). An Open Source Matlab/Simulink Toolbox for Interval Type-2 Fuzzy Logic Systems. 2015 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence, (s. 1561-1568).
- Türedi, H., Zor, Ü., & Gürbüz, F. (2015). Risk Odaklı İç Denetim. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*(66), 1-20.
- Umarusman, N., & Seldüz, H. (2018). İç Kontrol Kapsamındaki Risk Değerlendirmesinde Bulanık Çıkarım Sistemlerinin Kullanımı: Örnek Bir Çalışma. *Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi*, 4(6), 85-116.
- Usul, H., Titiz, İ., & Ateş, B. (2011). İç Kontrol Sisteminin Kurumsal Yönetimin Oluşumundaki Etkinliği: Marmara Bölgesi Belediye İşletmelerine Yönelik Bir Uygulama. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*(49), 48-54.
- Yaman, A. (2008). Kamu İç Kontrol Sisteminin Başarı Faktörleri . *Mali Hukuk Dergisi*(138 (Kasım-Aralık)), 28-34.
- Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(8), 338-353.
- Zadeh, L. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, 8(3), 199-249.
- Zimmermann, H. (1987). *Fuzzy Sets, Decicion Making and Expert Systems*. Boston, MA, US: Kluwer Academic Publishers.