

BANKA SEKTÖRÜNDE İNSAN HATA ANALİZİ İÇİN YENİ BİR BÜTÜNLEŞİK YÖNTEM: İFASS&ÇK-KBDTK

Tuba ADAR^{1*}, Elif Kılıç DELİCE²

^{1*}Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Erzurum
e-posta : tuba.adar@atauni.edu.tr, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-4749-5226>

²Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Erzurum
e-posta : elif.kdelice@atauni.edu.tr, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-3051-0496>

BANKA SEKTÖRÜNDE İNSAN HATA ANALİZİ İÇİN YENİ BİR BÜTÜNLEŞİK YÖNTEM: İFASS&ÇK-KBDTK

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>İnsan Faktör Analizi ve Sınıflandırma Sistemi, Kararsız Bulanık Dilsel Terim Kümesi, Hata faktörleri, Banka, Karar verme</i>	<i>Bu çalışmada amaç; insan hatasıyla ilgili çalışmalarda yer alan insan hatası modelleri ve sınıflarından ergonomik ve aeromedikal perspektif yaklaşımlarını dikkate alarak banka çalışanlarının hata yapmasında etkili olan faktörleri ve bu hataların ortaya çıkmasını engelleyecek önlemleri belirlemektir. Çalışmada 2 yöntem kullanılmıştır. Birincisi, Reason'ın gizli ve faal hatalarını ana hatları ile belirlemek için dört hata seviyesinden oluşan, İnsan Faktör Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (İFASS)'dir. İkinci yöntem ise, karar vericinin serbest-içerikli dilsel terim kümeleri kullanılarak görüşlerini ifade etmesinde zenginlik ve farklı ifadeler kullanma esnekliği sağlayan ve temeli bulanık dilbilgisine dayanan Çok-Kriterli Kararsız Bulanık Dilsel Terim Kümesi (ÇK-KBDTK) yöntemidir. Bu iki yöntem kullanılarak elde edilen İFASS&ÇK-KBDTK entegre yöntemi; hata faktörleri için bir hiyerarşik yapı oluşturmayı ve karar vericinin görüşünü ifade ederken birden fazla terim kullanabilmesini yani kararsız doğasına yakın bir şekilde kendini ifade edebilmesini sağlamaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, banka çalışanlarının hata yapmasında en etkili ana faktör Personel faktörü iken, Fiziksel Çevre, Teknolojik Çevre sonrasında Zihinsel Sınırlamalar en önemli alt kriterler olarak belirlenmiştir. Bankacılık sektöründe çalışanlarda hata yapma ve bunun sonucunun nelere sebep açacağı korkusu ve baskısı nedeniyle zihinsel sınırlamaların payı yüksektir. Literatüre bakıldığında İFASS yönteminin hizmet sektöründe sadece hastanelerde uygulandığı görülmüştür. Bu çalışmada ilk kez, bankacılık sektöründe hata faktörleri ele alınmış ve İFASS&ÇK-KBDTK yöntemleri entegre edilmiştir. Bu nedenle çalışmanın literatüre katkısı olacağı düşünülmektedir.</i>

A NEW INTEGRATED METHOD FOR HUMAN ERROR ANALYSIS IN BANK SECTOR: HFACS & MC-HFLTS

Keywords	Abstract
<i>Human Factor Analysis and Classification System, Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set, Error factors, Bank, Decision making.</i>	<i>The aim of this study is to determine the factors causing bank employees to make mistakes and to identify precautions preventing human errors by taking into account the ergonomic and aeromedical perspective approaches among the human error models and classes involved in human error studies. Two methods were used in the study. One of them is Reason's Human Factor Analysis and Classification System (HFACS) consisting of four-level to determine secret and active errors. The other one is the Multi-criteria Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set (MC-HFLTS) which is based on fuzzy grammar, which provides the flexibility of decision-makers to express their views using free-content linguistic terms sets and using different expressions. The HFACS & MC-HFLTS integrated method obtained from above-mentioned two-method provides to create a hierarchical structure for the error factors and to use more than one term in expressing the opinion of the decision maker. According to the results obtained from the study, the most effective factor that causes bank employees to make mistakes is the staff factor, while Physical Environment, Technological Environment and Mental Restrictions are determined as the most important sub-criteria, respectively. In the banking sector, the share of mental limitations is high due to the risk for employees to make mistake causing the fear and pressure. In current literature, it was observed that HFACS method was applied only in hospitals for the service sector. As a contribution</i>

* Sorumlu yazar; Tel : 0.442.231 00 00 / 6125

to the literature, for the first time in this study, the error factors in the banking sector were discussed and the HFACS & MC-HFLTS methods were integrated.

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi : 13.11.2018

Submission Date : 13.11.2018

Kabul Tarihi : 24.11.2018

Accepted Date : 24.11.2018

1. Giriş

İnsan faktörleri veya ergonomi, insanlarla sistemin diğer öğeleri arasındaki etkileşimi konu edinen, sistem performansını en iyi duruma getirmek için tasarım kuram, ilke, veri ve yöntemlerini uygulayan bir bilimdir. Ergonomi, fiziksel, çevresel, bilişsel, sosyal, örgütsel etmenleri tümleyici bir yaklaşımla ele alır (Sanders ve McCormick, 1992). Çalışma çevresindeki stresleri ve insanların bu streslerle uyumunu konu edinir. İşler, çalışan üzerinde mental ve fiziksel stres yapmaktadır. Bu stresler mantıklı sınırlar içerisinde tutulduğu zaman, çalışma sağlığı ve performansı iyi olur. Eğer stres aşırı olursa, hata, kaza, travma ortaya çıkabilir.

İnsan hatası, karmaşık sistemlerde meydana gelen olayların ve problemlerin çoğuna katkıda bulunan bir faktördür. İnsan kaynaklı faktörlerin incelenmesi geleneksel olarak "niçin" meydana geldiğinden çok hataya "ne" sebep olduğu sorusu üzerine yoğunlaşır (NTSB, 2006; Baber, 2007). Emniyetsiz davranışları tespit edip gerekli tedbirler alınabilirse pek çok hata olmadan önce önlenir. Fakat burada karşılaşılan problem bu küçük olayların nasıl tespit edileceğidir. Çünkü bu olaylar genellikle personelin günlük yaptığı faaliyetler esnasında meydana gelir ve önemsenmediği için raporlanmaz.

Son yıllarda, insan hatasıyla ilgili çalışmalar insanın kendisinden daha çok insan hatası modelleri ve sınıflandırmalarıyla ilgilenmiştir. Literatürde bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde altı temel perspektif olduğu görülür. Bunlar; idrak etmeye ilişkin, ergonomik, davranışsal, aeromedikal, psikososyal ve organizasyonel perspektifleri içerir (Wiegman ve Shappell, 2005). Bunlardan özellikle bu çalışma ile daha çok ilgili olan ergonomik perspektif ve aeromedikal perspektif şu şekildedir:

Ergonomik perspektif yaklaşımına göre, nadir olarak insan, bir kaza ya da hatanın tek sebebidir. İnsan performansı kişiler, aletler, makineler ve genel çalışma koşulları arasındaki ayrılmaz bağ gibi birçok faktörün karmaşık ilişkisini kapsar. Bu performansı incelemek için yöntemler geliştirilmiştir. Başarılı insan-makine ve sistem dizaynı için gerekli 4 temel elemanı tanımlayan modelde yazılım, ekipman, çevre ve insan yer almaktadır (Cap, 2002).

Aeromedikal perspektif yaklaşımına göre, hatalar, hastalık ve yorgunluk gibi zihinsel ve psikolojik durumların belirtileridir. Ayrıca bu yaklaşım, sorunların patojenler gibi olup çevresel faktörlerle tetiklenince hata olarak ortaya çıktığını ifade etmektedir. Yaklaşımın amacı, çalışanların

performansını arttırmak, insan faktöründen kaynaklanan hataları minimuma indirmek ve birden fazla karmaşık görevi yerine getiren bir ekipten en uygun performansı elde etmektir (Baber, 2007).

Genel personel hataları; bulunulan durumun farkında olmamak, kurallara uymamak, zayıf muhakeme ve karar verme, ufak problemlerle zihni meşgul etmek vb.'dir. Bunlara sebep olan şeyler ise stres, dikkat, hafıza gibi zihinsel ve psikolojik durumlardır.

İnsan hatalarının en çok olabileceği sistemlerden biri de hizmet sistemlerinden bankalardır. Çalışanların mental iş yüklerinin ve sorumluluklarının fazla olması nedeniyle hata yapma olasılıkları da artmaktadır. Bu çalışmanın amacı bankalarda sık karşılaşılan insan hata türlerini ve bu hataların ortaya çıkmaması için alınması gereken önlemleri belirlemektir. Çalışmada hata faktörlerini belirlerken İnsan Faktör Analizi ve Sınıflandırma Sistemi (İFASS), ağırlıkları belirlerken Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Çok-kriterli Kararsız Bulanık Dilsel Terim Kümesi (ÇK-KBDTK) yöntemi kullanılmıştır. Nitel kriterlerin değerlendirilmesinde, karar vericiye, içerdiği serbest içerikli terim kümesi ile insanın kararsız doğasına yakın ve esnek bir şekilde değerlendirme imkânı sunan KBDTK yöntemi son zamanlarda ilgi odağı olmuş bir yöntemdir. ÇK-KBDTK yöntemi, temeli bulanık mantığa dayanan bir yöntemdir. Literatürde, bulanık mantıkla oluşturulan yöntemlerin, deterministik yöntemlere göre daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu çalışmada önerilen yöntem, uzmanların üyelik derecelerini tanımlamadaki kararsızlığı göz önünde bulundurabilmektedir. Hiyerarşik yapıya sahip olan karmaşık bir ÇKKV problemiindeki nitel ve nicel kriterleri ifade etmede kolaylık sağlamaktadır. Zarflanmış bulanık dilsel ifadeler ile karşılaştırmalı olarak bulanık ifade kullanabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı çoğunlukla nitel kriter içeren ve karar vericinin görüşünü ifade ederken kararsız kalabileceği durumlar söz konusu olduğundan dolayı bu çalışmada ÇK-KBDTK yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmanın izleyen bölümleri şu şekilde oluşturulmuştur: İkinci bölümde çalışma kapsamında kullanılan yöntemler ile ilgili bilimsel yazın taraması verilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan yöntem adımları detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Dördüncü bölümde uygulama adımları gösterilmiş ve son bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlar ve önerilere yer verilmiştir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Bilimsel yazın taraması İFASS ve KBDTK yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalar olmak üzere iki başlıkta ele alınmıştır.

2.1. İFASS ile ilgili çalışmalar

İnsan hatalarını değerlendirmek için uzun yıllar teorik modeller ve teknikler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin çoğu; nükleer, askeri ve havacılık ve sağlık sistemleri için geliştirilmiştir. Bununla birlikte, insan hata faktörleri ile alakalı literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalara bakılacak olursa; Chiu ve Hsieh (2016), çalışmalarında havacılık bakım işlerinde insan hata faktörlerini belirlemek amacıyla İFASS ve Kök neden analiz yöntemlerini kullanmışlardır. Aktif ve gizli hata faktörleri belirlenerek, dört kriter bazında Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak faktörler değerlendirilmiştir. Olivares vd. (2018), insan hatalarının belirlenmesinde uzman görüşü gerektirmeyen, kaza sırasındaki olayları önceden tahmin etmeye yarayan niteliksel bir metodoloji geliştirmiştir. Önerilen yöntem, bir biyodizel tesisinin metanol depolama alanına uygulanmıştır. Wang vd. (2018), insan hata olasılığı değerlendirme tekniği olan değiştirilmiş HEART yöntemini, Demiryolu Hareket Güvenilirliği Değerlendirmesi tekniği ve Bulanık ANP yöntemini kullanarak, yüksek hızlı demiryolu sevk görevlerinde insan hata olasılığını değerlendirmiştir. Hsieh vd. (2018), Taiwan'daki acil servislerde insan hata faktörlerini tanımlamak amacıyla, HFACS tekniği ile AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini entegre etmiştir. Çalışma sonucunda insan hata faktörleri içerisinde en önemlileri karar hataları, ekip kaynak yönetimi ve yetersiz denetim olduğunu belirlemişlerdir. Ung (2018), çalışmasında petrol tankeri topraklama sürecinde insan hatalarını inceleyen yeni bir Bulanık bilişsel güvenilirlik hata analiz yöntemi (CREAM) önermiştir. Hu vd. (2018), Petrol gazı kırma işlemi için insan hatalarını belirlemede HAZOP ve Bulanık VIKOR yöntemlerini içeren yeni bir yöntem önermiştir.

İnsan hata faktörleri, bakım çalışmalarında (Morag vd., 2018; Islam vd., 2018a; Islam vd., 2018b), kömür madeni acil durumunda (Wang vd., 2014), havacılıkta (Erjavac vd., 2018), endüstriyel tesisler (Jahangiri vd., 2016; Petrillo vd., 2017) ve sağlık sistemlerinde (Zarea vd., 2018) belirlenmeye çalışılmıştır.

Bilimsel yayın taramasından da görüldüğü üzere insan hata faktörleri hizmet sektöründen sağlık sistemlerinde ele alınmış ancak bankacılıkta çalışma yapılmamıştır.

2.2. KBDTK ile ilgili çalışmalar

KBDTK yöntemi, gelişmekte olan bir yöntem olup bu yöntem ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda, yeni mesafe ölçüleri, ağırlık operatörleri, birleştirme operatörleri, benzerlik ölçüleri, tutarlılık ölçüsü ve entropi ölçüleri gibi ölçüler tanımlanmış ve KBDTK ile birleştirilmiştir. Bu şekilde yapılan uygulama çalışmaları; web araçları vasıtasıyla konut değerlendirme (Montes vd., 2015), görev ve teşvik bakımından üniversite fakültelerini değerlendirme (Chen vd., 2016), proje değerlendirme (Da ve Xu, 2016), yatırım projesi seçimi (Wu ve Xu, 2016; Yu vd., 2016), hastane yönetiminin değerlendirilmesi (Gou vd., 2017), yenilenebilir enerji projelerinin değerlendirilmesi (Xiao vd., 2017), toprak erezyonunu önlemek için uygun yöntemin seçilmesi (Demirel vd., 2018), öğrenci tercihlerine göre staj ve iş pozisyon alternatiflerinin değerlendirilmesi (Nguyen vd., 2017)'dir.

Ayrıca bazı çalışmalarda kararsız bulanık dilbilimi (hesitant fuzzy linguistic-HFL) ile diğer ÇKKV yöntemleri entegre edilerek yeni yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemlerin uygulama alanları; tedarikçi seçimi (Liu ve Rodríguez, 2014; Fahmi vd., 2016), sis önlenmesinde hava kirliliği kontrollerinin değerlendirilmesi (Gou vd., 2017), ERP sistemleri seçimi (Liao ve Xu, 2015), iş istasyonu tasarım gereksinimleri belirleme ve iş istasyonu seçimi (Onar vd., 2016), hastane yer seçimi (Senvar vd., 2016), lojistik hizmet sağlayıcı seçimi (Wang vd., 2016), biyoenerji sistemine yönelik teknolojilerin değerlendirilmesi (Khishtandar vd., 2016; Khishtandar vd., 2017), seyahat topluluğu için hizmet tüketiminin sürekliliğini artıracak bir karar destek sisteminin geliştirilmesi (Montes vd., 2017), küçük hidroelektrik santrallerinin sosyal sürdürülebilirliğini değerlendirme (Wu vd., 2017), personel seçimi, telekomünikasyon hizmet sağlayıcısı seçimi (Yu vd., 2017), hastane karar destek sistemlerinin geliştirilmesi (Wu vd., 2018), rüzgar türbininin yaşam döngüsündeki risklerin değerlendirilmesi (Adem vd., 2018), yer altı depolama için yer seçimi (Deveci, 2018), Türkiye'de havaalanında iç hatalardaki hizmet kalitesinin değerlendirilmesi (Deveci vd., 2018)'dir.

Çalışmaların bir kısmında ise KBDTK'ler ile hesaplama sürecinde sonuçların objektifliğini artıracak yeni matematiksel modeller önerilmiştir. Uygulama alanları; akıllı ulaştırma sistemi değerlendirme (Dong vd., 2017), yatırım projesi seçimi (Song ve Hu, 2017)'dir.

ÇK-KBDTK yöntemi kullanılarak yapılan uygulama çalışmaları ise; evde sağlık hizmeti sağlayıcı alternatif yakıtlı araç seçimi (Yavuz vd., 2015), hayat sigortası politikası alternatiflerinin

değerlendirilmesi (Adem ve Dağdeviren, 2016), yenilenebilir enerji üretim konusunda rüzgar türbinleri için yer seçimi (Aktas ve Kabak, 2016) ve adliye binası yer seçimi (Topraklı vd., 2016)'dir.

3. Yöntemler

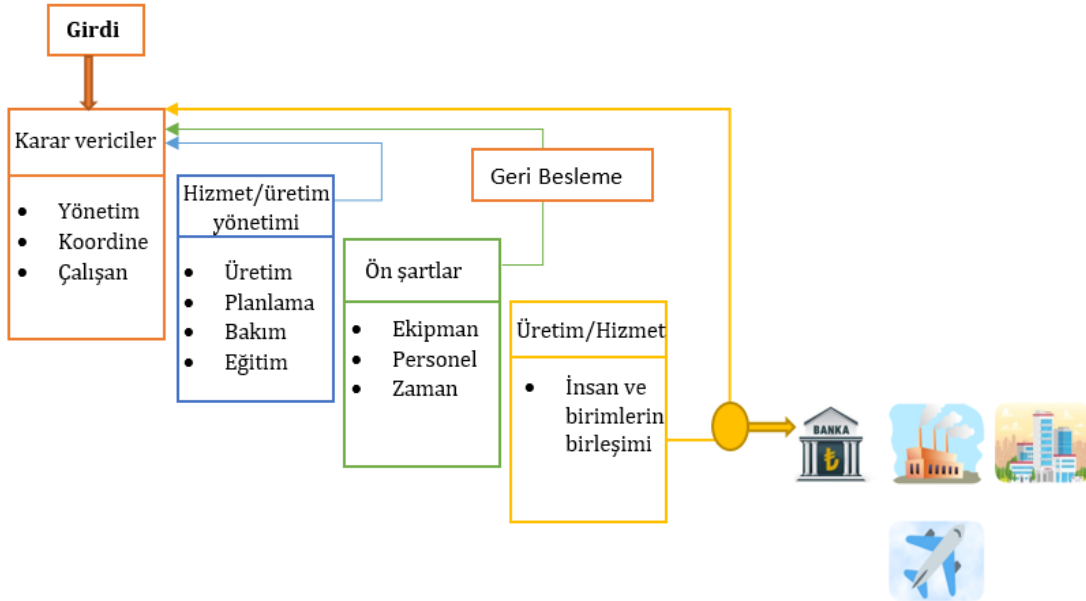
Bu bölümde kullanılan yöntemlerin uygulama adımları detaylı bir şekilde bahsedilmiştir.

3.1. İFASS yöntemi

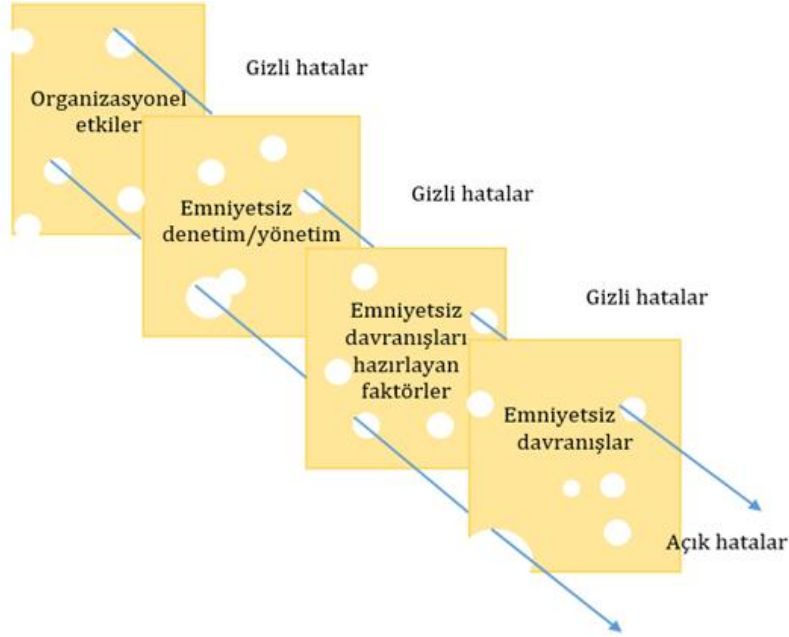
Reason (1990), nükleer santraller için İnsan Hatası incelemesinde İsviçre Peyniri (Swiss Cheese) modelini önermiştir. Bu modele göre, bir işletmede etkinlik, verimlilik ve emniyetten bahsedebilmek için o işletmeyi oluşturan birimlerin birbiriyle uyumlu bir şekilde çalışması gerekmektedir. Ancak tüm bu birimler bir araya getirilerek üretim veya hizmet sistemi oluşturulur. Şekil 1'de üretim/hizmet birimlerinin temel elamanları verilmiştir.

Herhangi bir ürün veya hizmetin ortaya çıkması için malzeme, iyi eğitilmiş insan gücü vb. ön şartlarının

oluşması gereklidir. Bu sürecin ise iyi bir yönetim ve denetime ihtiyacı vardır. Bunlar sağlandıktan sonra bölümler (birimler) arasında ilişkilerin düzenlenmesi gerekir. Reason'a (1990) göre hatalar, bu birimler arasındaki ilişkiler bozulduğundan ortaya çıkmaktadır. Şekil 2'de de verildiği gibi, her seviyedeki hatalar deliklerle gösterilmiştir. Benzerlik nedeniyle bu yaklaşıma 'İsviçre peyniri' adı verilmiştir. Reason (1990) insan hatasını birbiriyle ilişkisi olan ve birbirini etkileyen dört ayrı seviyede tanımlamıştır. Bu yaklaşıma göre, diğer seviyelerdeki gizli hatalar birimler arasından geçerek sonunda açığa çıkacaktır ve personelin hatalı davranmasına neden olacaktır. Hataların oluşmasından önceki aşamada çalışanı olumsuz etkileyen durumlar mevcuttur. Bu durumlara, zihinsel yorgunluk, iletişim eksikliği, çalışılan çevre, eğitim eksikliği örnek olarak verilebilir. Peki bu durumlara sebep olan nedir? sorusunun cevabı ise bir önceki aşama olan emniyetsiz denetim/yönetim ile alakalıdır. Buna örnek olarak işe uygun personelin atanmaması, ödemelerin zamanında ve doğru yapılmaması vb. verilebilir. Sonucu ve tüm seviyeleri etkileyen seviye ise organizasyondur.



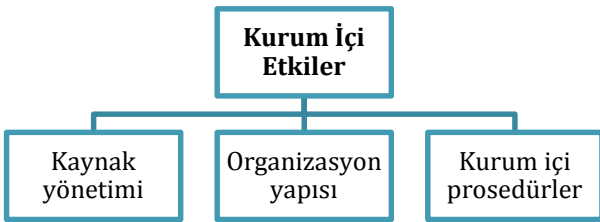
Şekil 1. Hizmet/Üretim temel elamanları



Şekil 2. İsveç peyniri modeli

Reason'ın bu modeli Shappel ve Wiegman (1997) tarafından günlük hayatta uygulanabilir bir sınıflandırma sistemi olarak geliştirilmiş ve İFASS ortaya çıkmıştır.

İFASS, Reason'ın gizli ve faal hatalarını daha detaylı belirlemek için, insan faktörünün dört hata seviyesini tanımlar. Bunlardan ilki Kurum İçi Etkiler'dir (Şekil 3).



Şekil 3. Reason'ın hata seviyesi (Kurum içi etkiler)

Bu hata seviyesinde, genel gizli kurum içi hataları kaynak yönetimi, organizasyon yapısı ve kurum içi prosedürler olarak tanımlanmıştır. Kaynak yönetimi; para, malzeme gibi kaynakların yönetimini, organizasyon yapısı; emir-komuta, iletişim kurma, terfiler, kurallar, zaman baskısı,

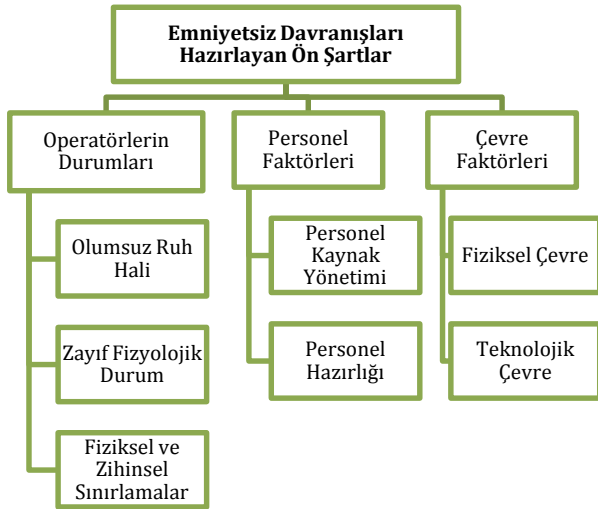
standartları, kurum içi prosedürler ise amaçlar, risk yönetimi gibi maddeleri içermektedir.

Reason'ın diğer bir hata seviyesi ise Emniyetsiz Denetim/Yönetim'dir (Şekil 4). Bu seviye dört kategoride incelenmektedir. Yetersiz denetim kategorisindeki sorunların çoğu, yönetimi yapan kişinin liderlik vasfının ve öngörü özelliğinin olmamasından kaynaklanmaktadır. Uygun olmayan planlama ile personel eksikliği, aşırı talep, personelin yeterince dinlenememesi, yanlış ekip arkadaşları gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Eğer bir kurumda problem düzeltmede yetersiz kalınıyorsa bu durum, çalışanlar arasındaki iletişimde, malzemede, alınan eğitimde vb. konularda bir problem olduğunu göstermektedir.



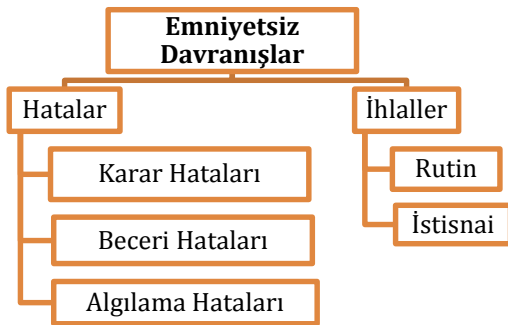
Şekil 4. Reason'ın hata seviyesi (Emniyetsiz denetim/yönetim)

“Emniyetsiz Davranışları Hazırlayan Ön Şartlar” seviyesi insan hatalarının oluşmasında etkili olan faktörleri göstermektedir (Şekil 5). Bunlar üç kategoride toplanmıştır: Operatörlerin Durumları, Personel Faktörleri, Çevre Faktörleri. Bu çalışmada bankacıların hata faktörlerini belirlemek için oluşturulan hiyerarşide Şekil 3 ve Şekil 5’ten faydalanılmıştır. Yani yönetsel/denetimsel, çevresel, operatör açısından ve personel açısından hata faktörleri belirlenmiştir.



Şekil 5. Reason'ın hata seviyesi (Emniyetsiz davranışları hazırlayan ön şartlar)

Reason'ın son hata seviyesi ise Emniyetsiz Davranışlar'dır (Şekil 6). Bu seviyede ön koşullar sonucu oluşan hatalar ve ihlaller yer almaktadır. Hatalar; yanlış kararlar, dikkati toplamada hata, zayıf teknik bilgi, uygun olmayan hareketler olabilmektedir. İhlaller ise; görev için kalifiye olmama, eğitim kurallarına uymama, sınırları zorlama gibi durumları kapsamaktadır.



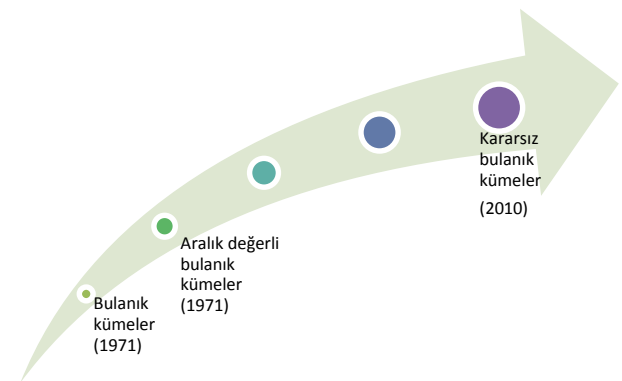
Şekil 6. Reason'ın hata seviyesi (Emniyetsiz davranışlar)

3.2. KBDTK yöntemi

Grup karar vermede alternatifleri çevreleyen belirsizlik ve uzmanların bilgisinden dolayı karmaşıklıklar yaşanabilmektedir. Bu karmaşıklığın önüne geçmek ve oluşan belirsizliğin üstesinden gelmek için bulanık tercih ilişkileri (Umano vd., 1998), dilsel değişkenler (Herrera-Viedma vd., 2005), aralık değerler (Jiang, 2007) geliştirilmiştir (Rodríguez vd., 2013).

Gerçek hayattaki karar verme problemlerinin, sahip oldukları belirsiz şartlardan dolayı çözülmesi ve modellenmesi zordur. Bu tarz problemleri çözmek için birçok araç geliştirilmiştir. Bulanık mantık ve bulanık küme teorileri belirsiz bilgi ile başarılı bir şekilde başa çıkmıştır. Ancak eş zamanlı olarak iki veya daha fazla belirsizlik kaynağı ortaya çıktığı durumda bulanık küme sınırlı kalmaktadır (Rodríguez vd., 2012).

Kesin değerler, üyedir ya da üye değildir kararı verirken, bulanık değerler bir üyelik derecesi ile belirlenmektedir. Belirsizliği ifade etmede kesin yargılara göre bulanık kümeler (Zadeh, 1965) daha başarılı olmuştur ve aralık değerli bulanık kümeler (Zadeh, 1971), belirsizlik derecesi ile adlandırılan ek derecelendirme bilgisini içeren sezgisel bulanık kümeler (Atanassov, 1999), dizideki tekrarlanan elemanlara izin veren bulanık çoklu kümeler, üyelik fonksiyonu ile ilgili belirsizlik içeren kümeleri bünyesinde barındıran Tip-2 bulanık kümeler (Karnik, vd., 1999) ve kararsız bulanık kümeler (Torra, 2010) geliştirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Kararsız bulanık küme gelişim süreci

Kararsız bulanık kümeler, farklı üyelik işlevlerinin mümkün olduğu düşünülen durumu temsil etmesine olanak veren bulanık kümelerin bir genellemesi, sezgisel bulanık kümelerin zarflanmış hali ile tutarlı olan bir kümedir (Torra, 2010).

Geliştirilen bu bulanık dilsel yaklaşımlar, farklı dilsel ifadeler ve genellemeler, dilsel bilgiyi modellemede tek ve basit ifadeler kullandığından dolayı sınırlıdır. Belirsizlik içeren problemlerde karar vericinin düşüncesini tek bir terim ile ifade etmesi mümkün olmayabilir, birden fazla terimi düşünebilir veya birden fazla terim arasında kararsız kalabilmektedir.

Bu durumda, oluşan kısıtlamaları ortadan kaldırmak için temeli bulanık dil bilgisine dayanan Rodriguez vd. (2012) tarafından KBDTK geliştirilmiştir. KBDTK ile karar vericinin serbest-içerikli dilsel terim kümeleri kullanılarak görüşlerini ifade etmesinde zenginlik ve farklı ifadeler kullanma esnekliği sağlanmıştır.

KBDTK için temel tanımlamalar:

Bu kısımda, KBDTK'ler için geliştirilen bazı tanımlamalar ve operatörler incelenmiştir (Yavuz vd., 2015; Rodriguez vd., 2012; Rodriguez vd., 2014):

Tanım 1: Y bir referans kümeyi temsil etsin. Y üzerinde bir kararsız bulanık küme, h_S 'in bir fonksiyonu ise, fonksiyon değerleri $[0, 1]$ değer aralığının alt kümesi olur. Bu matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir: $h_S: Y \rightarrow \{[0,1]\}$. Böylece bir kararsız bulanık küme, bi dizi bulanık küme verildiğinde, bu kümenin üyelik fonksiyonlarının birleşimi olarak tanımlanır.

$F = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n\}$ n tane üyelik fonksiyonunun bir kümesini temsil ederse, F ile ilişkili kararsız bulanık küme (h_{SF}), matematiksel olarak şu şekilde gösterilir: $h_S: Y \rightarrow \{[0,1]\}$, $h_{SF}(y) = \bigcup_{\mu \in F} \{\mu(y)\}$.

Tanım 2: $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ bir dilsel terim kümesini temsil ediyorsa, bir KBDTK olan H_S , S'nin ardışık sıralı sonlu bir alt kümesidir. Dilsel terim kümesinin sıralama, negatifik, maksimizasyon ve minimizasyon operatörleri sırasıyla şu şekildedir:

- Eğer $i \leq j$ ise o zaman $S: s_i \leq s_j$,
- $g + 1$, S'nin boyutu olmak üzere, $neg(s_i) = s_{g-i}$,
- Eğer $i \geq j$ ise o zaman $maks(s_i, s_j) = s_i$, $min(s_i, s_j) = s_j$ olur.

Tanım 3: KBDTK'nin üst sınırı H_{S+} ve alt limiti H_{S-} , sırasıyla şu şekilde belirlenmektedir:

$$H_{S+} = maks(s_i) = s_j, \quad s_i \in H_S \text{ ve } s_i \leq s_j \quad \forall_i,$$

$$H_{S-} = min(s_i) = s_j, \quad s_i \in H_S \text{ ve } s_j \leq s_i \quad \forall_i,$$

KBDTK'nın bir zarf gösterimi $env(H_S)$ 'dir ve bu zarf bir dilsel aralıktır. Bu aralık değerlerin sınırları alt ve üst sınırlardır: $env(H_S) = [H_{S-}, H_{S+}]$, $H_{S-} \leq H_{S+}$.

Rodríguez vd., (2013) tarafından önerilen tek kriterli kararsız dilsel grup karar verme modeli, Yavuz vd., (2015) tarafından geliştirilerek ÇKKV modeli olarak hiyerarşik bir KBDTK yöntemi önerilmiştir. Önerilen bu yöntem, uzmanların üyelik derecelerini tanımlamadaki kararsızlığı göz önünde bulundurabilmektedir. Hiyerarşik yapıya sahip olan karmaşık bir ÇKKV problemindeki nitel ve nicel kriterleri ifade etmede kolaylık sağlamaktadır. Zarflanmış bulanık dilsel ifadeler ile karşılaştırmalı olarak bulanık ifade kullanabilmektedir.

Dilsel terim kümesi, "en çok orta öneme sahip" veya "yüksek ile düşük önem arasında bir öneme sahip" gibi serbest terim içeriği ile birlikte kullanılarak dilsel ifadede esneklik ve zenginlik sağlamaktadır (Yavuz vd., 2015).

ÇK-KBDTK yöntem adımları şu şekildedir:

Kriter sayısı $z \in \{1, 2, \dots, \tau\}$ ile temsil edilsin.

Adım 1: Dilsel ve simgesel terim kümesi S belirlenir:

Dilsel terim kümesi 'Önemsiz (öz), çok düşük önem (çdö), düşük önem (dö), orta düzey önem (odö), yüksek önem (yö), çok yüksek önem (çyö), kesinlikle önemli (kö) ifadelerini içerir. Dilsel terim küme şu şekildedir:

$$S = \left\{ \begin{array}{l} \text{önemsiz (öz), çok düşük önem (çdö),} \\ \text{düşük önem (dö), orta düzey önem (odö),} \\ \text{yüksek önem (yö), çok yüksek önem (çyö)} \\ \text{kesinlikle önemli (kö)} \end{array} \right\}$$

Adım 2: Serbest içerikli terim küme $G_H = \{V_N, V_T, I, P\}$ belirlenir:

Serbest içerikli terim kümesinin bileşenlerinden V_N , bağıntısız sembollerin terim kümesini, V_T , bağıntı sembolleri terim kümesini, I başlangıç kuralını ve P üretim kuralını temsil etmektedir.

$$V_N = \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{tekli terimler} \rangle, \langle \text{birleşik terimler} \rangle, \\ \langle \text{tekli bağıntı} \rangle, \langle \text{ikili bağıntı} \rangle, \langle \text{bağlaçlar} \rangle \end{array} \right\}$$

$$V_T = \left\{ \begin{array}{l} -den daha düşük, -den daha yüksek, \\ en az, en çok, arasında, ve, s_0, \dots | s_g \end{array} \right\}$$

V_T , s_0 'dan s_g 'ye kadar olan dilsel terimleri içeren bağıntılı sembollerin terim kümesidir. Bağıntı sembolleri dizisinde tekli terimler (düşük, yüksek, orta vb.), sınırlayıcılar (çok, yok gibi), ilişkiler (-den daha fazla, -den daha az), bağlaçlar (ve, fakat vb.), ayraçlar (ya da vb.) ile gösterilmektedir.

$$I \in V_N$$

Serbest içerikli terim kümesi için üretim kuralları (P) aşağıdaki gibidir:

$$P = \left\{ \begin{array}{l} I = \langle \text{tekli terim} \mid \text{birleşik terim} \rangle, \\ \langle \text{birleşik terim} \rangle ::= \langle \text{tekli bağntı} \rangle \\ \langle \text{tekli terim} \rangle \mid \langle \text{ikili bağntı} \rangle \mid \langle \text{tekli terim} \rangle \\ \langle \text{bağlaç} \rangle \langle \text{tekli terim} \rangle, \langle \text{tekli terim} \rangle ::= \\ s_0 \mid s_1 \mid \dots \mid s_g, \langle \text{tekli bağntı} \rangle ::= \text{en çok} \mid \text{en az} \mid \\ -\text{den daha yüksek} \mid -\text{den daha düşük}, \\ \langle \text{ikili bağntı} \rangle ::= \text{arasında}, \langle \text{bağlaç} \rangle ::= \text{ve} \end{array} \right.$$

İkili karşılaştırmalarda kriterin önem derecesini belirlerken tekli terim (düşük, yüksek, orta gibi) veya birleşik terim kullanılabilir. Birleşik terimlerin üretim kuralı; tekli bağntı ve tekli terimden oluşabilir (en çok yüksek öneme sahip) veya ikili bağntıyı temsil eden tekli terim, bağlaç ve tekli terimden oluşabilir (orta düzey önem ve yüksek önem arasında) (Sellak vd., 2018).

Adım 3: Tercih ilişkileri belirlenir ve her bir KBDTK için zarflar elde edilir:

Karar vericilerin görüşleri alınarak elde edilen tercih ilişkileri KBDTK'lere dönüştürülür. Ardından her bir KBDTK için alt ve üst sınırlardan oluşan zarflar $[e_{ij}^{k-}, e_{ij}^{k+}]$ elde edilir.

Adım 4: İyimser ve kötümser toplam tercih ilişkileri elde edilir:

Bir dilsel veri birleştirme operatörü (λ) seçilir. Kötümser (E_c^-) ve iyimser (E_c^+) toplam tercih ilişkileri bu operatör kullanılarak elde edilir. Bu çalışmada dilsel verileri birleştirmek için Aritmetik ortalama operatörü kullanılmıştır (Yavuz vd., 2015; Herrera ve Martinez, 2000).

$$\bar{x} = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta^{-1}(s_i, \alpha_i) \right) = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i \right) \quad (1)$$

S ile ilişkilendirilmiş 2-öğeli küme $S = S_x[0.5, 0.5]$ olarak tanımlansın. $\Delta: [0, g] \rightarrow S$ fonksiyonu, i 'nin ($i \in \{0, 1, \dots, g\}$), β 'ya en yakın değere yuvarlanmasını gösteren Eşitlik(2) ile gösterilir.

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha) \quad \begin{cases} i = \text{yuvarla}(\beta) \\ \alpha = \beta - i \end{cases} \quad (2)$$

Adım 5: Toplam iyimser ve kötümser tercih ilişkileri belirlenir:

Dilsel veri birleştirme operatörü kullanılarak her bir kriter için toplam iyimser ve kötümser tercih ilişkileri belirlenir.

Adım 6: Kriterler için toplam tercih ilişkilerinin aralık vektörleri oluşturulur:

Alt ve üst sınırlardan yararlanılarak aralık vektörleri elde edilir.

Adım 7: Kriter ağırlıkları belirlenir:

Aralık değerler normalize edilir ve ağırlık skorları hesaplanır.

4. Uygulama

Geliştirilen İFASS&ÇK-KBDTK yöntemi bir bankada çalışanlarının hata yapmasında etkili olan faktörler ile bu hataları önleyecek önlemleri belirlemek için kullanılmıştır.

Önerilen yöntem adımları işletilmeden önce, amaç doğrultusunda kriterler hiyerarşisi oluşturulmuştur (Şekil 8). Karar verici olarak; üç ayrı bankada çalışan bireysel müşteri temsilcileri ile gişe görevlilerinin içinden 6 kişi belirlenmiştir. Kriterler hiyerarşisi oluşturulurken karar vericiler ile görüşülmüş ve hata yapmalarına neden olan faktörler sorulmuştur. Görüşme sonucunda elde edilen bilgilere göre yönetsel, çevresel ve çalışan ile ilgili faktörler belirlenmiştir. Bu sebeple hiyerarşik yapı, "Kurum içi etkiler" ve "Emniyetsiz davranışları hazırlayan ön şartlar" olmak üzere iki hata seviyesinde yer alan kriterlerin birleşiminden oluşmuştur.

Her bir alt kriterin tanımı aşağıda verilmiştir:

Yetersiz yöneticilik: Eğitim sağlamada yetersizlik, standartları, gelişmeleri takip etmede yetersizlik, performansı takip etmede yetersizlik, önderlik etmede yetersizlik.

Uygun olmayan planlama: Doğru verileri sağlamada yetersizlik, görevlendirmelerde hata, verilen görevlerin kurallara aykırı olması, personelin dinlenmesine yeterince zaman ayrılması.

Problem düzeltmede yetersizlik: Gerektiğinde düzeltici işlem başlatmama, bir dökümandaki hatayı düzeltmeme, hatalı davranışları rapor etmeme.

Denetim ihlalleri: Personeli kurallara uymaya zorlamama, görev için uygun olmayan personeli o göreve atama.

Olumsuz ruh hali: Dikkatin dağılması, aşırı rahatlık, telaş, motivasyon eksikliği, görev tatminsizliği.

Fizyolojik yetersizlik: Hasta olma, fiziksel yorgunluk.

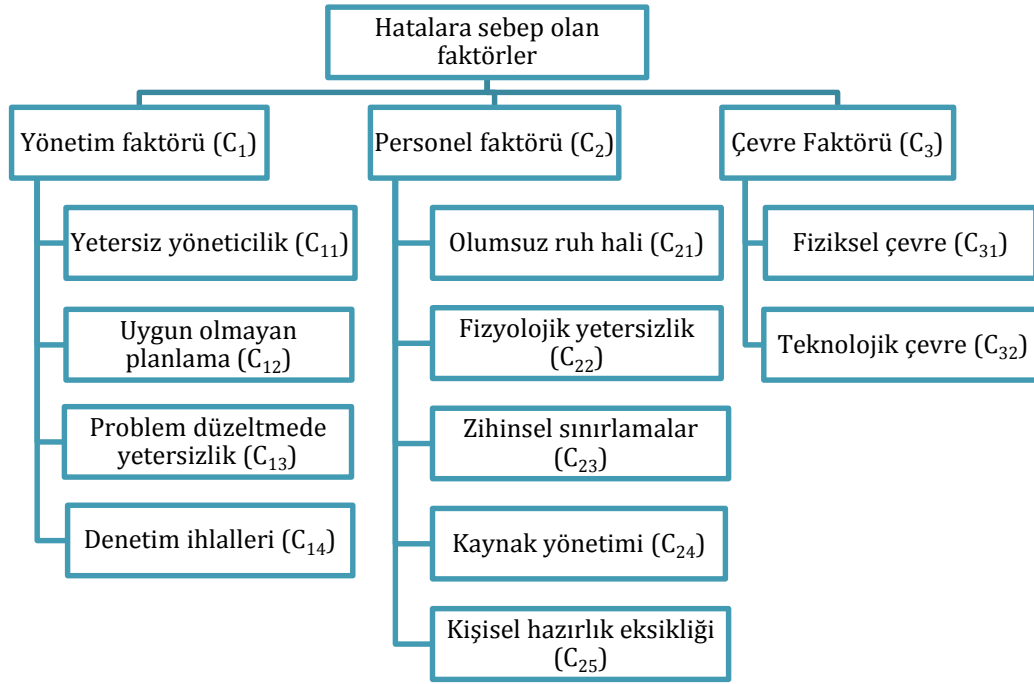
Zihinsel sınırlamalar: Zaman baskısı, şartların uygun olmaması, taleplerin fazla olması, stres ve zihinsel yorgunluk.

Kaynak yönetimi: Koordine/iletişim kurmama, tüm kaynakları doğru ve uygun kullanmama.

Kişisel hazırlık: Yetersiz dinlenme zamanı, aşırı iş yükü, kendini geliştirmek için çaba göstermeme.

Fiziksel çevre: Çalışılan ortamın rahat ve verimli çalışmaya engel olacak durumlar içermesi (gürültü, havalandırma eksikliği, ergonomik olmayan çalışma ortamı, aydınlatma).

Teknolojik çevre: Banka içerisinde kullanılan teknolojik aletlerin yetersizliği.



Şekil 8. Kriterler hiyerarşisi

Hiyerarşik yapı belirlendikten sonra yöntem adımları uygulanmıştır. **Adım 1 ve 2** yöntem adımlarında verildiği gibidir.

Adım 3: Tercih ilişkileri belirlenir ve her bir KBDTK için zarflar elde edilir:

Öncelikle dilsel ve simgesel terim kümesi ve serbest içerikli terim kümesi kullanılarak, 6 karar vericinin görüşü alınmış ve tercih ilişkileri oluşturulmuştur. Örnek olarak personel faktörlerin alt faktörleri için

tercih ilişkileri ve diğer adımlar aşağıda gösterilmiştir. Karar verici 1 (KV1) ve karar verici 2 (KV2) tarafından personel faktörleri alt kriterleri için belirlenen tercih ilişkileri sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Örneğin; KV1'in bankacıların hata yapmasında etkili olan personel faktörü alt kriterlerinden, Olumsuz ruh hali (C₂₁) ile Fizyolojik yetersizlik (C₂₂) ikili karşılaştırmasındaki görüşü 'dö-odö arası'dır. Yani KV1'e göre Olumsuz ruh hali Fizyolojik yetersizliğe göre düşük önem ve orta düzey önem arasında bir önem düzeyine sahiptir.

Tablo 1. Personel faktörü alt kriterleri için tercih ilişkileri (KV1)

Kriter	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅
C ₂₁	-	dö-odö arası	öz	çdö-dö arası	dö
C ₂₂	odö-yö arası	-	öz-çdö arası	dö	dö-odö arası
C ₂₃	kö	çyö-kö arası	-	odö-yö arası	yö
C ₂₄	yö-çyö arası	yö	dö-odö arası	-	odö-yö arası
C ₂₅	yö	odö-yö arası	dö	dö-odö arası	-

Tablo 2. Personel faktörü alt kriterleri için tercih ilişkileri (KV2)

Kriter	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅
C ₂₁	-	yö-çyö arası	odö-yö arası	yö	çyö
C ₂₂	çdö-dö arası	-	çdö-dö arası	odö-yö arası	yö
C ₂₃	dö-odö arası	yö-çyö arası	-	çyö	kö
C ₂₄	dö	dö-odö arası	çdö	-	odö-yö arası
C ₂₅	çdö	dö	öz	dö-odö arası	-

Tercih ilişkileri belirlendikten sonra her bir KBDTK için alt ve üst sınırlardan oluşan zarflar elde edilir. Personel faktörü alt kriterleri için KV1 tarafından

belirlenen KBDTK'ler için elde edilen zarflar Tablo 3'te, KV2 tarafından belirlenen KBDTK'ler için elde edilen zarflar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Personel faktörü alt kriterleri için elde edilen zarflar (KV1)

Kriter	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅
C ₂₁	-	[dö, odö]	[öz, öz]	[çdö, dö]	[dö, dö]
C ₂₂	[odö, yö]	-	[öz, çdö]	[dö, dö]	[dö, oö]
C ₂₃	[kö, kö]	[çyö, kö]	-	[odö, yö]	[yö, yö]
C ₂₄	[yö, çyö]	[yö, yö]	[dö, oö]	-	[odö, yö]
C ₂₅	[yö, yö]	[odö, yö]	[dö, dö]	[dö, odö]	-

Tablo 4. Personel faktörü alt kriterleri için elde edilen zarflar (KV2)

Kri.	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅
C ₂₁	-	[yö, çyö]	[oö, yö]	[yö, yö]	[çyö, çyö]
C ₂₂	[çdö, dö]	-	[çdö, dö]	[odö, yö]	[yö, yö]
C ₂₃	[dö, odö]	[yö, çyö]	-	[çyö, çyö]	[kö, kö]
C ₂₄	[dö, dö]	[dö, odö]	[çdö, çdö]	-	[odö, yö]
C ₂₅	[çdö, çdö]	[dö, dö]	[öz, öz]	[dö, odö]	-

Adım 4: İyimser ve kötümser toplam tercih ilişkileri elde edilir:

Eşitlik(1) ve Eşitlik(2) kullanılarak, kötümser (E_C^-) ve iyimser (E_C^+) toplam tercih ilişkileri elde edilir. Bu çalışmada dilsel verileri birleştirmek için aritmetik

ortalama operatörü kullanılmıştır. Tüm karar vericiler tarafından personel faktörü alt kriterleri için belirlenen kötümser ve iyimser tercih ilişkileri Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir. Örneğin, C₂₁'e göre C₂₂ karşılaştırması için hesaplanan kötümser ve iyimser tercih ilişkileri, sırasıyla Eşitlik(3) ve Eşitlik(4)'te verilmiştir.

$$E_C^-_{21,22} = \Delta \left(\frac{1}{6} (\Delta^{-1}(dö, 2) + \Delta^{-1}(yö, 4) + \Delta^{-1}(çyö, 5) + \Delta^{-1}(çyö, 5) + \Delta^{-1}(kö, 6) + \Delta^{-1}(yö, 4)) \right) = \Delta \left(\frac{1}{6} (2 + 4 + 5 + 5 + 6 + 4) \right) = \Delta(4,33) = (yö, +0,33) \quad (3)$$

$$E_C^+_{21,22} = \Delta \left(\frac{1}{6} (\Delta^{-1}(odö, 3) + \Delta^{-1}(çyö, 5) + \Delta^{-1}(çyö, 5) + \Delta^{-1}(çyö, 5) + \Delta^{-1}(kö, 6) + \Delta^{-1}(yö, 4)) \right) = \Delta \left(\frac{1}{6} (3 + 5 + 5 + 5 + 6 + 4) \right) = \Delta(4,67) = (çyö, -0,33) \quad (4)$$

Tablo 5. Personel faktörü alt kriterleri için elde edilen kötümser tercih ilişkileri

K.	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅
C ₂₁	-	[yö, +0,33]	[dö, +0,50]	[yö, +0,00]	[yö, -0,33]
C ₂₂	[çdö, +0,33]	-	[çdö, -0,17]	[dö, +0,50]	[dö, +0,33]
C ₂₃	[odö, -0,33]	[çyö, -0,17]	-	[yö, +0,17]	[yö, +0,00]
C ₂₄	[çdö, +0,50]	[odö, -0,17]	[çdö, +0,33]	-	[dö, +0,33]
C ₂₅	[dö, +0,00]	[odö, +0,00]	[dö, -0,17]	[odö, +0,00]	-

Tablo 6. Personel faktörü alt kriterleri için elde edilen iyimser tercih ilişkileri

K.	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅
C ₂₁	-	[çyö, -0,33]	[odö, +0,33]	[yö, +0,50]	[yö, +0,00]
C ₂₂	[dö, -0,33]	-	[çdö, +0,50]	[odö, +0,17]	[odö, +0,00]
C ₂₃	[odö, +0,50]	[çyö, +0,17]	-	[çyö, -0,33]	[yö, +0,17]
C ₂₄	[dö, +0,00]	[odö, +0,50]	[dö, -0,17]	-	[odö, +0,00]
C ₂₅	[dö, +0,33]	[yö, -0,33]	[dö, +0,00]	[yö, -0,33]	-

Adım 5-6-7: Toplam iyimser ve kötümser tercih ilişkileri belirlenir, kriterler için toplam tercih ilişkilerinin aralık vektörleri oluşturulur, kriter

ağırlıkları belirlenir (Tablo 7). Dilsel aralık değerlerinin alt ve üst sınırları kötümser ve iyimser tercih değerlerinin ortalamasıdır:

$$\left[\frac{((y\ddot{o}, +0,33) + (d\ddot{o}, +0,50) + (y\ddot{o}, +0,00) + (y\ddot{o}, -0,33))}{4}, \frac{((\ddot{c}y\ddot{o}, -0,33) + (od\ddot{o}, +0,33) + (y\ddot{o}, +0,50) + (y\ddot{o}, +0,00))}{4} \right]$$

$$= [y\ddot{o}, -0,375, y\ddot{o}, +0,125]$$

Tablo 7. Personel faktörü alt kriterleri için elde edilen ağırlıklar

Kriter	Dilsel aralık değerleri	Sayısal değerler	Orta nokta	Ağırlık
C ₂₁	[(yö, -0.375), (yö, +0.125)]	[3.625, 4.125]	3,875	0,25762
C ₂₂	[(dö, -0.25), (dö, +0.333)]	[1.75, 2.333]	2,0415	0,13572
C ₂₃	[(yö, -0.083), (yö, +0.375)]	[3.917, 4.375]	4,146	0,27563
C ₂₄	[(dö, +0.00), (odö, -0.417)]	[2.00, 2.583]	2,2915	0,15234
C ₂₅	[(dö, +0.458), (odö, -0.083)]	[2.458, 2.917]	2,6875	0,17867

Ana kriterler ve alt kriterler için aynı adımlar işletilmiş ve kriterlerin lokal ve global ağırlıkları hesaplanmıştır

(Tablo 8). Yöntem sonucunda elde edilen ana kriter ağırlıkları ve alt kriter ağırlıkları çarpılarak global ağırlıklar elde edilmiştir.

Tablo 8. Ana ve alt kriterler için elde edilen ağırlıklar

Kriterler	Ana kriter ağırlıkları	Alt Kriterler	Alt kriterlerin lokal ağırlıkları	Alt kriterlerin global ağırlıkları
C ₁	0,310	C ₁₁	0,284	0,088287883
		C ₁₂	0,250	0,077558902
		C ₁₃	0,257	0,079756404
		C ₁₄	0,208	0,064632418
C ₂	0,361	C ₂₁	0,258	0,093050122
		C ₂₂	0,136	0,049020894
		C ₂₃	0,276	0,099555179
		C ₂₄	0,152	0,055023894
		C ₂₅	0,179	0,064534063
C ₃	0,328	C ₃₁	0,625	0,205358135
		C ₃₂	0,375	0,123214881

5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, banka çalışanlarının hata yapmasında etkili olan faktörleri belirlemek; belirlenen faktörlerin ağırlıklarını hesaplamak, yorumlamak, hataları önleyecek önlemleri belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda bu çalışmada, yeni bir entegre model olan İFASS&ÇK-KBDTK yöntemi geliştirilmiştir.

Önerilen yöntem adımları işletilmiş ve şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Ana faktörlerden en yüksek ağırlığa sahip olan faktör; personel faktörü, çevresel faktörler ve son olarak yönetim faktörüdür.
- Yönetim faktörlerine kendi içerisinde bakıldığında önem sırası şu şekilde belirlenmiştir: Yetersiz yöneticilik, Problem düzeltmede/çözmede yetersizlik, Uygun olmayan planlama, Denetim ihmalleri.
- Personel faktörlerine kendi içerisinde baktığımızda sıralama; Olumsuz ruh hali, Zihinsel sınırlamalar, Kişisel hazırlık eksikliği, Kaynak yönetim, Fizyolojik yetersizliktir.
- Çevresel faktörler ise Fiziksel çevre ve daha sonra Teknolojik çevre olarak belirlenmiştir.

Global ağırlıklara göre 11 alt faktörün önem sırası şu şekildedir: Fiziksel çevre>Teknolojik çevre>Zihinsel sınırlamalar>Olumsuz ruh hali>Yetersiz yöneticilik... Elde edilen sonuçlara göre; Bankacılık hizmet sektöründe çalışanlarda hata yapma ve bunun sonucunun nasıl olacağı korkusu ve baskısı ile ve diğer sebeplerle Zihinsel sınırlamalar payı yüksektir.

Çalışma ile ilgili bazı önemli öneriler;

- ✓ Öncelikle çalışma ortamının tüm ergonomik şartlara dikkat edilerek çalışanın verimli ve

rahat bir şekilde çalışabileceği hale getirilmesi gerekmektedir.

- ✓ Kullanılan yazılım ve donanımın teknolojik açıdan yeterli olmasına dikkat edilmelidir.
- ✓ Zihinsel sınırlamaları konusunda, eğitimler verilmeli, zaman baskısı yapılmadan; uygun iş bölümleri, ekip çalışması, uygun saatlerde sosyal aktiviteler, molalar ayarlanmalıdır.
- ✓ Denetim konusunda ise en önemli unsur; çalışana uygun işin atamasını yapmak, kontrolleri yapmak ve problem olduğu zaman buna en kısa sürede çözüm üretebilecek yeteneğe sahip yöneticiler olunması ve bu konuda gerekli tüm eğitimlerin alınmasıdır.

Elde edilen sonuçlara bakıldığında önerilen İFASS&ÇK-KBDTK yöntemin diğer birçok karmaşık karar verme problemi için de kullanılabileceği sonucuna varılmaktadır. Yöntemin tek dezavantajı işlemlerin kelimeler üzerinden yapılmasıdır. Bundan dolayı gelecekte yapılacak çalışmalarda, Kararsız Bulanık Kümeler, Sezgisel Bulanık Kümeler ve Bulanık Kümelere dayanan yöntemler ve deterministik yöntemlerin karşılaştırılması düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Adem, A. ve Dağdeviren, M. (2016). A Life Insurance Policy Selection via Hesitant Fuzzy Linguistic Decision Making Model. *Procedia Computer Science*, 102, 398-405.
- Adem, A., Çolak, A. ve Dağdeviren, M. (2018). An Integrated Model Using SWOT Analysis and Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set for Evaluation Occupational Safety Risks in Life Cycle of Wind Turbine. *Safety science*, 106, 184-190.

- Aktas, A. ve Kabak, M. (2016). A Model Proposal for Locating Wind Turbines. *Procedia Computer Science*, 102, 426-433.
- Atanassov, K. T. (1999). Intuitionistic Fuzzy Sets. *Physica, Heidelberg*, 1-137.
- Baber, E. (2007). Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cap 718. (2002). Human Factors in Aircraft Maintenance and Inspection. *Civil Aviation Authority*, UK, 9-11.
- Chen, Z.-S., Chin, K.-S., Li, Y.-L. ve Yang, Y. (2016). Proportional Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set for Multiple Criteria Group Decision Making. *Information Sciences*, 357, 61-87.
- Chiu, M. C. ve Hsieh, M. C. (2016). Latent Human Error Analysis and Efficient Improvement Strategies by Fuzzy TOPSIS in Aviation Maintenance Tasks. *Applied ergonomics*, 54, 136-147.
- Da, T. ve Xu, Y. (2016). Evaluation on Connectivity of Urban Waterfront Redevelopment Under Hesitant Fuzzy Linguistic Environment. *Ocean & Coastal Management*, 132, 101-110.
- Demirel, T., Öner, S. C., Tüzün, S., Deveci, M., Öner, M. ve Demirel, N. Ç. (2018). Choquet Integral-Based Hesitant Fuzzy Decision-Making to Prevent Soil Erosion. *Geoderma*. 313, 276-289.
- Deveci, M. (2018). Site Selection for Hydrogen Underground Storage Using Interval Type-2 Hesitant Fuzzy Sets. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(19), 9353-9368.
- Deveci, M., Özcan, E., John, R. ve Öner, S. C. (2018). Interval Type-2 Hesitant Fuzzy Set Method for Improving the Service Quality of Domestic Airlines in Turkey. *Journal of Air Transport Management*, 69, 83-98.
- Dong, J.-y., F.-f. Yuan ve S.-p. Wan, (2017). Extended VIKOR Method for Multiple Criteria Decision-Making with Linguistic Hesitant Fuzzy Information. *Computers & Industrial Engineering*, 112, 305-319.
- Erjavac, A. J., Iammartino, R., Fossaceca, J. M. (2018). Evaluation of Preconditions Affecting Symptomatic Human Error in General Aviation and Air Carrier Aviation Accidents. *Reliability Engineering & System Safety*. 178, 156-163.
- Fahmi, A., Kahraman, C. ve Bilen, Ü. (2016). ELECTRE I Method Using Hesitant Linguistic Term Sets: An Application to Supplier Selection. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 9, 153-167.
- Gou, X., Liao, H., Xu, Z. ve Herrera, F. (2017). Double Hierarchy Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set and MULTIMOORA Method: A Case of Study to Evaluate the Implementation Status of Haze Controlling Measures. *Information Fusion*, 38, 22-34.
- Gou, X., Z. Xu ve H. Liao, (2017). Hesitant Fuzzy Linguistic Entropy and Cross-Entropy Measures and Alternative Queuing Method for Multiple Criteria Decision Making. *Information Sciences*, 388, 225-246.
- Herrera-Viedma, E., Martinez, L., Mata, F. ve Chiclana, F.. (2005). A Consensus Support System Model for Group Decision-Making Problems with Multigranular Linguistic Preference Relations. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 13(5), 644-658.
- Hsieh, M. C., Wang, E. M. Y., Lee, W. C., Li, L. W., Hsieh, C. Y., Tsai, W. ve Liu, T. C. (2018). Application of HFACS, Fuzzy TOPSIS, and AHP for Identifying Important Human Error Factors in Emergency Departments in Taiwan. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 67, 171-179.
- Hu, J., Zhang, L., Wang, Q. ve Tian, B. (2018). A Hybrid Framework of Human Error Analysis for Shale Gas Fracturing Operation Based on HAZOP and Fuzzy VIKOR. *Safety Science*, Withdrawn article in press.
- Islam, R., Khan, F., Abbassi, R. ve Garaniya, V. (2018). Human Error Probability Assessment During Maintenance Activities of Marine Systems. *Safety and Health at Work*, 9(1), 42-52 (a).
- Jahangiri, M., Hoboubi, N., Rostamabadi, A., Keshavarzi, S. ve Hosseini, A. A. (2016). Human Error Analysis in a Permit to Work System: A Case Study in a Chemical Plant. *Safety and Health at Work*, 7(1), 6-11.
- Jiang, Y. (2007). An Approach to Group Decision Making Based on Interval Fuzzy Preference Relations. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 16(1), 113-120.
- Karnik, N. N., Mendel, J. M. ve Liang, Q. (1999). Type-2 Fuzzy Logic Systems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 7(6), 643-658.
- Khishtandar, S., Zandieh, M. ve Dorri, B. (2017). A Multi Criteria Decision Making Framework for Sustainability Assessment of Bioenergy Production Technologies with Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets: The Case of Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 1130-1145.
- Liao, H. ve Xu, Z. (2015). Approaches to Manage Hesitant Fuzzy Linguistic Information Based on The Cosine Distance and Similarity Measures for Hflttss and Their Application in Qualitative Decision Making. *Expert Systems with Applications*, 42, 5328-5336.
- Liu, H. ve Rodríguez, R. M. (2014). A Fuzzy Envelope for Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set and Its Application to Multi Criteria Decision Making. *Information Sciences*. 258, 220-238.

- Montes, R., A. M. Sanchez, P. Villar ve F. Herrera, (2017). Teranga Go!: Carpooling Collaborative Consumption Community with Multi-Criteria Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set Opinions to Build Confidence and Trust. *Applied Soft Computing*, 67, 941-952
- Montes, R., Sánchez, A. M., Villar, P. ve Herrera, F. (2015). A Web Tool to Support Decision Making in The Housing Market Using Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets. *Applied Soft Computing*, 35, 949-957.
- Morag, I., Chemweno, P., Pintelon, L. ve Sheikhalishahi, M. (2018). Identifying the Causes of Human Error in Maintenance Work in Developing Countries. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 68, 222-230.
- Nguyen, J., G. Sánchez-Hernández, A. Armisen, N. Agell, X. Rovira ve C. Angulo, (2017). A Linguistic Multi-Criteria Decision-Aiding System to Support University Career Services. *Applied Soft Computing*, 67, 933-940.
- NTSB/ARG-07/01. (2006). Annual Review of Aircraft Accident Data. *National Transportation Safety Board*, Washington DC.
- Olivares, R. D. C., Rivera, S. S., Mc Leod, J. E. N. (2018). A Novel Qualitative Prospective Methodology to Assess Human Error During Accident Sequences. *Safety science*, 103, 137-152.
- Onar, S. Ç., Büyüközkan, G., Öztayşi, B. ve Kahraman, C. (2016). A New Hesitant Fuzzy QFD Approach: An Application to Computer Workstation Selection. *Applied Soft Computing*, 46, 1-16.
- Petrillo, A., Falcone, D., De Felice, F. ve Zomparelli, F. (2017). Development of a Risk Analysis Model to Evaluate Human Error in Industrial Plants and in Critical Infrastructures. *International journal of disaster risk reduction*, 23, 15-24.
- Reason, J. (1990). Human Error. *Cambridge University, United States of America*, 1-90.
- Rodríguez, R. M., Liu, H. ve Martínez, L. (2014). A Fuzzy Representation for the Semantics of Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets. *Foundations of Intelligent Systems*, Springer, 277, 745-757.
- Rodriguez, R. M., Martinez, L. ve Herrera, F. (2012). Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets for Decision Making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 20(1), 109-119.
- Rodríguez, R. M., Martinez, L. ve Herrera, F. (2013). A Group Decision Making Model Dealing with Comparative Linguistic Expressions Based on Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets. *Information Sciences*, 241, 28-42.
- Sanders, M.S., McCormick, E.J. (1992). Human Factors in Engineering and Design, 7 th. Ed. McGrawHill Inc., NY.
- Senvar, O., Otay, I., Bolturk, E. (2016). Hospital Site Selection via Hesitant Fuzzy TOPSIS. *IFAC-PapersOnLine*, 49, 1140-1145.
- Song, Y. ve J. Hu, (2017). A Group Decision-Making Model Based on Incomplete Comparative Expressions with Hesitant Linguistic Terms. *Applied Soft Computing*, 59, 174-181.
- Topraklı, A. Y., Adem, A. ve Dağdeviren, M. (2016). A Courthouse Site Selection Method Using Hesitant Fuzzy Linguistic Term Set: A Case Study for Turkey. *Procedia Computer Science*, 102, 603-610.
- Torra, V. (2010). Hesitant Fuzzy Sets. *International Journal of Intelligent Systems*, 25(6), 529-539.
- Umamo, M., Hatono, I. ve Tamura, H. (1998). Linguistic Labels for Expressing Fuzzy Preference Relations in Fuzzy Group Decision Making. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 28(2), 205-218.
- Ung, S. T. (2018). Human Error Assessment of Oil Tanker Grounding. *Safety science*, 104, 16-28.
- Wang, J., Wang, J.-q. ve Zhang, H.-y. (2016). A Likelihood-Based TODIM Approach Based on Multi-Hesitant Fuzzy Linguistic Information for Evaluation in Logistics Outsourcing. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 287-299.
- Wang, L., Wang, Y., Cao, Q., Li, X., Li, J. ve Wu, X. (2014). A Framework for Human Error Risk Analysis of Coal Mine Emergency Evacuation in China. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 30, 113-123.
- Wang, W., Liu, X. ve Qin, Y. (2018). A Modified HEART Method with FANP for Human Error Assessment in High-Speed Railway Dispatching Tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 67, 242-258.
- Wiegmann D.A. ve Shappell S.A. (2005). A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis. *Ashgate Publishing Company*, İngiltere, 1-98.
- Wu, H., Z. Xu, P. Ren ve H. Liao, (2018). Hesitant Fuzzy Linguistic Projection Model to Multi-Criteria Decision Making for Hospital Decision Support Systems. *Computers & Industrial Engineering*, 115, 449-458.
- Wu, Y., Y. Wang, K. Chen, C. Xu ve L. Li, (2017). Social Sustainability Assessment of Small Hydropower with Hesitant PROMETHEE Method. *Sustainable Cities and Society*, 35, 522-537.
- Wu, Z. ve Xu, J. (2016). Managing Consistency and Consensus in Group Decision Making with Hesitant Fuzzy Linguistic Preference Relations. *Omega*, 65, 28-40.
- Xiao, J., Cai, J. ve Wang, X. (2017). A Hesitant Fuzzy Linguistic Multicriteria Decision-Making Method with Interactive Criteria and Its Application to

Renewable Energy Projects Selection.
Mathematical Problems in Engineering, pp:15.

Yavuz, M., Oztaysi, B., Onar, S. C. ve Kahraman, C. (2015). Multi-criteria Evaluation of Alternative-Fuel Vehicles via a Hierarchical Hesitant Fuzzy Linguistic Model. *Expert Systems with Applications*, 42, 2835-2848.

Yu, W., Z. Zhang, Q. Zhong ve L. Sun, (2017). Extended TODIM for Multi-Criteria Group Decision Making Based on Unbalanced Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets. *Computers & Industrial Engineering*, 114, 316-328.

Yu, W.-Y., Zhong, Q.-Y. ve Zhang, Z. (2016). Fusing Multi-Granular Unbalanced Hesitant Fuzzy Linguistic Information in Group Decision Making. *Paper presented at the Fuzzy Systems (FUZZY-IEEE)*, IEEE International Conference on, 872-879.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.

Zadeh, L. A. (1971). Similarity Relations and Fuzzy Orderings. *Information Sciences*, 3(2), 177-200.

Zarea, K., Mohammadi, A., Beiranvand, S., Hassani, F. ve Baraz, S. (2018). Iranian Nurses' Medication Errors: A Survey of the Types, the Causes, and the Related Factors. *International Journal of Africa Nursing Sciences*, 8, 112-116.